

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIO E
DESENVOLVIMENTO

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

PAULA GARCIA LIMA

UM ESTUDO SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DEPOSITADOS EM
UM ATERRO SANITÁRIO DE UMA CIDADE DO NOROESTE PAULISTA

TUPÃ
2018

PAULA GARCIA LIMA

**UM ESTUDO SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DEPOSITADOS EM UM
ATERRO SANITÁRIO DE UMA CIDADE DO NOROESTE PAULISTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Tupã, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de Pesquisa: Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Silva Braga Junior

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Juliane C. Forti

**TUPÃ
2018**

Ficha catalográfica:

L628e

Lima, Paula Garcia.

Um estudo sobre os resíduos sólidos urbanos depositados em um aterro sanitário de uma cidade do noroeste paulista / Paula Garcia Lima. – Tupã, 2018.

83 f.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Silva Braga Junior.

1. Aterro sanitário. 2. Resíduos sólidos. 3. Gestão de resíduos. I. Lima, Paula Garcia. II. Um estudo sobre os resíduos sólidos urbanos depositados em um aterro sanitário de uma cidade do noroeste paulista.

CDD 628.4

Fonte: Elaborada pela Biblioteca “Elias José Simon” – BUT, bibliotecária Eliana Kátia Pupim, CRB8 -6202.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Tupã



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Um Estudo sobre os Resíduos Sólidos Urbanos Depositados em um Aterro Sanitário de uma Cidade do Noroeste Paulista

AUTORA: PAULA GARCIA LIMA

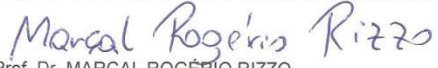
ORIENTADOR: SERGIO SILVA BRAGA JUNIOR

COORIENTADORA: JULIANE CRISTINA FORTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. SERGIO SILVA BRAGA JUNIOR
Coordenadora de Curso de Administração / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. FELIPE ANDRÉ DOS SANTOS
Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. MARÇAL ROGÉRIO RIZZO
Curso de Administração / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS - Três Lagoas/MS

Tupã, 23 de janeiro de 2018

Dedico aos meus pais, Eliana e Petrônio pelo apoio incondicional na minha trajetória que me levou a esta conquista e a minha filha Ana Laura, minha alegria e minha maior motivação para seguir sempre em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder este merecimento e oportunidade de concretizar um sonho tão almejado.

Aos meus Pais que me apoiaram incondicionalmente para a realização desta conquista.

A minha filha Ana Laura que é a razão da minha vida, minha alegria, e que por ela nunca desisto dos meus sonhos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Sérgio pela dedicação, paciência e compromisso com a nossa pesquisa, me ajudando a superar todas as dificuldades nesta longa caminhada de aprendizado.

A Prof^a Juliane Forti, pelas orientações, colaborações, revisões e por ter possibilitado agregar novos conhecimentos a minha pesquisa.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento, pelos ensinamentos, sabedorias e aprendizado na contribuição da minha formação acadêmica.

Ao meu amigo Leandro Xavier que contribuiu na realização da Gravimetria dos resíduos.

Aos gestores do Município de Rubiácea que possibilitaram o acesso as informações para a realização da minha pesquisa.

“A responsabilidade de todos é o único caminho para a sobrevivência humana”. (Dalai Lama)

LIMA, Paula Garcia **Um estudo dos Resíduos Sólidos Urbanos Depositados em um Aterro Sanitário de uma Cidade do Noroeste Paulista**. 2018. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento). Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho” Tupã, 2018.

RESUMO

A operação de um aterro sanitário é primordial para a gestão dos resíduos que o mesmo recebe, pois trata-se da fase de destinação final dos resíduos sólidos urbanos. Portanto, o presente estudo teve como objetivo analisar os impactos dos resíduos sólidos urbanos que estão sendo depositados em um aterro sanitário de um município no interior do Estado de São Paulo. Para atingir o objetivo proposto a presente pesquisa foi dividida em três artigos distintos. O primeiro artigo visou analisar por meio do índice de qualidade de resíduos (IQR-V) se a gestão do aterro sanitário encontra-se em conformidade com a metodologia implementada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e de acordo com os propósitos ambientais estabelecidos para a implantação do aterro. Foi possível concluir que diante da aplicação dos questionários padronizados onde são avaliadas as características locais, operacionais e estruturais das instalações deste aterro sanitário, o mesmo encontra-se em condições ambientais inadequados. O segundo artigo teve como objetivo analisar a composição física dos resíduos depositados neste aterro por meio da análise gravimétrica dos resíduos, que consistiu na representação da composição física dos resíduos sólidos em porcentagens, relacionando as diversas frações dos materiais que compõem os resíduos sólidos urbanos em relação ao peso total da amostra. Neste estudo verificou-se que 72,94% dos resíduos depositados no aterro sanitário possuem potencialidades para outras atividades econômicas, tais como compostagem e reciclagem/reaproveitamento. No potencial econômico da fração reciclagem, os resultados demonstraram que cerca de R\$ 2.700,00 ao mês estão sendo desperdiçados pelo município com a disposição de resíduos sólidos que poderiam estar sendo encaminhados à reciclagem. O terceiro artigo objetivou analisar o perfil da concentração de metais potencialmente tóxicos e hidrocarbonetos aromáticos de risco à saúde humana em solo de aterro sanitário. Essa é uma importante ferramenta para avaliar a possível presença de contaminantes oriundos do descarte inadequado dos resíduos bem como auxiliar no gerenciamento dos descartes e no controle da contaminação ambiental. Para tanto, foram coletadas amostras de solo em diferentes locais e profundidades para analisar cádmio, chumbo, níquel, arsênio, mercúrio, que são elementos potencialmente tóxicos e os hidrocarbonetos aromáticos benzeno, etilbenzeno, o-xileno, m,p-xileno. Os resultados de metais potencialmente tóxicos e hidrocarbonetos aromáticos presentes no solo do aterro sanitário se apresentaram abaixo dos valores orientadores da Resolução do CONAMA nº 420, na qual dispõe de critérios e valores da qualidade de solo quanto à presença de substâncias químicas para o Brasil. Com base nos resultados encontrados, pode-se considerar que os baixos teores encontrados podem estar relacionados ao tempo de atividade do aterro sanitário ou ao perfil da população do município, que é predominantemente agrícola baseada na agricultura familiar.

Palavras-chave: Aterro Sanitário. Resíduos Sólidos. Gestão de Resíduos.

LIMA, Paula Garcia. A study of urban solid waste deposited in a sanitary landfill of a city of Northwest Paulista. 2018. 82f. Dissertation (Master of Agribusiness and Development). São Paulo State University. School of Sciences and Engineering, Tupã, 2018.

ABSTRACT

The operation of a landfill is essential for the management of waste, since it is the final disposal phase of municipal solid waste. Therefore, the present study aimed to analyze the impacts of urban solid waste being deposited in a sanitary landfill of a municipality in the interior of the State of São Paulo. To reach the proposed goal this research was divided into three distinct articles. The first article aimed to analyze by means of the waste quality index (IQR-V), if the management of the landfill is in accordance with the methodology implemented by the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB) and according to the environmental purposes established for the landfill. It can be concluded that in the application of the standardized questionnaires that evaluated the local, operational and structural characteristics of the facilities of this sanitary landfill, it is in inadequate environmental conditions. The second article had as objective to analyze the composition of the residues deposited in this landfill by means of the gravimetric analysis of the residues, which consists of the representation of the physical composition of the solid residues in percentages, relating the different fractions of the materials that compose the urban solid waste in relation to the total weight of the sample. In this study it was verified that 72.94% of the residues deposited in the landfill have potential for other economic activities, such as composting and recycling / reuse. In the economic potential of the recycling fraction, the results showed that around R \$ 2,700 per month are being wasted by the municipality with the disposal of solid waste that could be sent to recycling. The third article aimed to analyze the concentration profile of potentially toxic metals and aromatic hydrocarbons of human health risk in landfill land. This is an important tool to evaluate the possible presence of contaminants from inappropriate disposal of waste as well as assist in the management of discards and control of environmental contamination. Therefore, soil samples were collected at different locations and depths to analyze cadmium, lead, nickel, arsenic, mercury, that are potentially toxic elements and aromatic hydrocarbons benzene, ethylbenzene, o-xylene, m-xylene, p. The results of potentially toxic metals and aromatic hydrocarbons present in the soil of the landfill were below the guideline values of CONAMA Resolution 420, which has criteria and values of soil quality for the presence of chemical substances in Brazil. Based on the results found, it can be considered that the low levels found may be related to the time of activity of the landfill or to the profile of the population of the municipality, which is predominantly agricultural based on family agriculture.

Keywords: Sanitary Landfill. Solid Waste. Waste Management.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I	Figura 1 - Ausência de isolamento físico.....	27
Capítulo I	Figura 2 - Resíduos depositados na vala sem recobrimento adequado e ausência de drenagem superficial.....	28
Capítulo I	Figura 3: Presença de animais e resíduos sem recobrimento espalhados pelo aterro	30
Capítulo II	Figura 1: Localização do aterro sanitário, SP, Brasil	40
Capítulo II	Figura 2: Amostragem para Análise da Composição Física	41
Capítulo II	Figura 3: Pesagem e Preparação para a homogeneização	42
Capítulo II	Figura 4- Processo de Quarteamento.....	42
Capítulo II	Figura 5. Gravimetria dos Resíduos Sólidos do Município	44
Capítulo II	Figura 6: Distribuição dos resíduos desse trabalho comparados com o perfil no Brasil	45
Capítulo III	Figura 1 – Localização do aterro sanitário, SP, Brasil	55
Capítulo III	Figura 2 - Abertura para coleta das amostras do solo	56
Capítulo III	Figura 3 – Boxplot dos elementos que compõem o solo das amostras	63

LISTA DE QUADROS

	Quadro 1 - Critério de avaliação da CETESB	26
	Quadro 2 - Grupo 1: Itens de estrutura de apoio, aspectos operacionais e estruturas de proteção ambiental	29
Capítulo I	Quadro 3 - Grupo 2: Outras Informações (presença de catadores, queima de resíduos, ocorrências de moscas e odores, presença de animais e recebimento de resíduos não autorizados)	31
	Quadro 4 - Grupo 3: Características da Área	32

LISTA DE TABELAS

Capítulo II	Tabela 1. Classificação dos Resíduos Sólidos	43
Capítulo II	Tabela 2. Composição gravimétrica dos resíduos presentes no aterro objeto de estudo	44
Capítulo II	Tabela 3. Composição dos resíduos com potencial para reciclagem/reutilização	45
Capítulo II	Tabela 4. Geração diária de resíduos, geração <i>per capita</i> e porcentagem, após análise gravimétrica dos resíduos sólidos do aterro em estudo	46
Capítulo II	Tabela 5. Materiais comerciáveis, quantidade de geração diária, preço e valor do desperdício	47
Capítulo III	Tabela 1. Quantificação de metais potencialmente tóxicos e de compostos aromáticos (BTEX) em amostras de solo	58
Capítulo III	Tabela 2- Limites máximos permitidos de elementos potencialmente tóxicos em solos em diferentes países (mg/Kg)	59
Capítulo III	Tabela 3 - Resultados da análise de macronutrientes no solo	60
Capítulo III	Tabela 4 - Resultados da análise de micronutrientes no solo sob o aterro sanitário	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos
Al	Alumínio
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
As	Arsênio
Ba	Bário
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CTC	Capacidade de troca Catiônica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	Ferro
GRSU	Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos
Hg	Mercúrio
IQR	Índice de Qualidade de Resíduos
K	Potássio
Mg	Magnésio
MO	Matéria Orgânica
NBR	Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas
Pb	chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
P	Fósforo
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
S	Enxofre

SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
VQR	Valores de Referência de Qualidade
VP	Valores de Prevenção
VI	Valores de Investigação
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CAPÍTULO I.....	14
CAPÍTULO II	38
CAPÍTULO III.....	54
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas, sejam individuais ou coletivas, acabam invariavelmente por desencadear resíduos, comumente tratados como lixo, que, por sua vez, deve ter destinação nos termos da legislação vigente e aplicável. Os aterros sanitários são uma das soluções disponíveis para minimizar os problemas relacionados ao meio ambiente, assim como uma tentativa de dar destinação final ambientalmente correta, sobretudo com amparo em princípios de engenharia, de planejamento e de políticas públicas socioambientais (MONTEIRO et al., 2001).

O deficitário gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos vem contribuindo para a degradação dos solos e das águas e, conseqüentemente, causando riscos à saúde humana (KHAJURIA et al., 2010). Conseqüentemente, a disposição inadequada de resíduos prejudica a capacidade de produtividade do solo, afetando a disponibilidade de nutrientes, que são elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas e dos animais (KORF et al., 2008; RONQUIM, 2010; TCHOUNWOU et al., 2012; ALVES et al., 2016).

A disposição dos resíduos deve ser feita de forma adequada em aterros sanitários com o objetivo de minimizar os riscos ao meio ambiente e à saúde humana (CEMPRE, 2010; ARKOC, 2014; ADAMCOVÁ et al., 2016). De acordo com a Abrelpe (2015), no Brasil, 58,7% dos resíduos coletados são encaminhados para aterros sanitários de forma adequada, porém, cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos estão sendo depositados de forma inadequada nos aterros controlados (24,1%) e em lixões (17,2 %). No Estado de São Paulo, 77,2% dos resíduos foram depositados em aterros sanitários, 14,9% nos aterros controlados e 7,9% em lixões.

Neste contexto, de acordo com Soares (2011) além de promover o descarte adequado dos resíduos sólidos, compreender a composição física dos resíduos permite uma avaliação da capacidade de contaminação ambiental desses, das alternativas de reutilização, reciclagem, valorização orgânica e energética dos resíduos sólidos urbanos depositados nos aterros sanitários, além de demonstrar as potencialidades econômicas dos resíduos, propor soluções para a coleta, tratamento e disposição final (GIDARAKOS et al., 2005; LIMA, 2004).

Considerando que a forma mais comum de gerenciar resíduos sólidos se baseia, essencialmente, na coleta, transporte e deposição final em áreas quase sempre são desprovidas de todos os requisitos técnicos, torna-se necessário colocar um ponto final nos “lixões” ainda existentes no País, assim como, adotar novas atitudes, sob o ponto de vista ambiental, em relação ao padrão de consumo e geração de resíduos (SÃO PAULO, 2013). Portanto, além de

políticas socioambientais efetivas que devem ser implementadas pelo Poder Público, é imperativo, ainda, a mudança por parte da população no que concerne aos hábitos de consumo e atitudes na forma de descarte dos resíduos. Com isso, praticar a redução, a reutilização e a reciclagem dos objetos de consumo é essencial para a formação de uma sociedade sustentável e, sobretudo, para o sucesso de qualquer política pública ambiental de tratamento e destinação dos resíduos sólidos.

Assim, no sistema de destinação final, devem-se considerar ações que promovam a reutilização e a reciclagem desses resíduos visando, com isso, benefícios à vida útil do aterro, assim como, a redução do volume de lixo depositado (CEMPRE, 2010).

Esta dissertação foi dividida basicamente em três capítulos, sendo que o Capítulo I trata da análise por meio do IQR-V (Índice de Qualidade de Resíduos) que avalia a gestão do aterro sanitário através de questionários padronizados estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O Capítulo II trata da análise da composição física dos resíduos por meio da análise gravimétrica dos resíduos depositados no aterro sanitário. Por fim, o Capítulo III trata do perfil da concentração de metais potencialmente tóxicos e hidrocarbonetos aromáticos de risco à saúde humana em solo de aterro sanitário.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos dos resíduos sólidos urbanos que estão sendo depositados em um aterro sanitário em um município no interior do Estado de São Paulo.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar os resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário municipal;
- Avaliar através da metodologia da CETESB, o Índice de Qualidade dos Resíduos (IQR-V);
- Caracterizar por gravimetria os resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário municipal;
- Caracterizar a forma da disposição dos resíduos sólidos no aterro sanitário;
- Identificar os impactos ambientais causados ao solo, verificando a presença de metais tóxicos, hidrocarbonetos aromáticos e a disponibilidade de nutrientes no solo (micro e macro nutrientes);

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

CAPÍTULO I

Este artigo (capítulo) foi publicado no periódico: Brazilian Journal of Biosystems Engineering v. 11(1): 88-106, 2017 como parte integrante desta dissertação

AVALIAÇÃO POR MEIO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UM ATERRO SANITÁRIO EM UM MUNICÍPIO NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

RESUMO

A operação e a gestão efetivas de um aterro sanitário são essenciais para que os resíduos sólidos encaminhados possam ser adequadamente acomodados na fase de destinação final, priorizando-se, com isso, a proteção à saúde pública e ao meio ambiente. Nesse contexto, o presente trabalho pretende avaliar, tecnicamente, a acomodação dos resíduos sólidos urbanos em um determinado aterro sanitário situado em um município de pequeno porte no interior do Estado de São Paulo. A avaliação será realizada por meio do índice de qualidade de resíduos, de acordo com a metodologia implementada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Trata-se, portanto, de um estudo de caso, que tem por objetivo preponderante constatar como está, de fato, a gestão de um determinado aterro sanitário municipal, isso sob a perspectiva do índice de qualidade de resíduos. A relevância deste estudo, por sua vez, encontra fundamento, sobretudo no fato de se verificar, bem como, fiscalizar, na área geográfica delimitada, se a legislação ambiental está de fato sendo observada pela municipalidade, assim como, do ponto de vista prático, se o aterro está sendo utilizado pelos gestores de forma correta, e não apenas se tornando um mero “lixão” e, conseqüentemente, gerando poluentes com potencial de contaminar o solo e a água.

Palavras-chave: Índice de qualidade de resíduos. Aterro sanitário. Resíduos sólidos. Gestão de resíduos. Meio Ambiente .

EVALUATION THROUGH THE QUALITY INDEX OF SOLID WASTE OF A SANITARY LAND IN A CITY IN MUNICIPALITY IN THE INTERIOR OF THE STATE OF SÃO PAULO

ABSTRACT

Effective operation and management of a landfill is essential if solid waste is to be properly disposed of at the final disposal stage, thereby giving priority to public health and environmental protection. In this context, the present work tries to evaluate, technically, a solution of solid urban waste in a certain sanitary landfill located in a small municipality in the interior of the State of São Paulo. An evaluation was carried out using the waste quality

index, according to a methodology implemented by Environmental Company of the State of São Paulo. It is therefore a case study, whose main objective is to verify how the management of a given municipal landfill is in fact, from the perspective of the waste quality index. The relevance of this study, in turn, finds the fund on the fact that it is verified, as well as, to supervise, in the delimited geographical area, if an environmental legislation is in fact that is observed by the municipality, as well as, from the practical point of view, If the landfill is being used by managers correctly, and not only becoming a mere "dumping" and, consequently, generating pollutants with the potential to contaminate soil and water.

Keywords: Waste quality index. Landfill. Solid waste. Waste Management.Environment.

INTRODUÇÃO

As atividades humanas, sejam individuais ou coletivas, acabam invariavelmente por desencadear resíduos, comumente tratados como lixo, que, por sua vez, deve ter destinação nos termos da legislação vigente e aplicável. Contudo, não é exatamente isso o que de fato ocorre em inúmeros municípios do País.

Com efeito, o crescimento populacional das cidades, associado ao processo de urbanização, têm gerado muitos problemas relacionados à destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros. É cediço, nesse ponto, que muitos resíduos são descartados de forma inadequada e resultam, em contrapartida, na contaminação ao meio ambiente, e, conseqüentemente, riscos à saúde pública.

Nesse cenário, a adoção de medidas para o gerenciamento do sistema de resíduos sólidos urbanos sempre foi um desafio para as administrações municipais, notadamente para as de pequeno porte. A falta de ferramentas de apoio e profissionais capacitados nas prefeituras são fatores que também dificultam a tomada de decisões sobre a sustentabilidade do sistema de gestão de resíduos da maioria dos municípios do Brasil (MONTEIRO *et al.*, 2001). Por esse motivo, a gestão deve ser vista de forma compartilhada entre o indivíduo, a sociedade e o Estado, sendo que, para o desenvolvimento sustentável, é imperativo que todas as partes se envolvam em um processo de responsabilidade conjunta, a fim de que se atinja a efetiva redução, reciclagem, tratamento e disposição ambientalmente adequada (SÃO PAULO, 2013).

Dessa forma, não padece de dúvida que, dentre as políticas públicas ambientais, no que concerne aos resíduos sólidos, os aterros sanitários são uma das soluções disponíveis para minimizar os problemas relacionados ao meio ambiente, assim como uma tentativa de dar destinação final ambientalmente correta, sobretudo com amparo em princípios de engenharia, de planejamento e de políticas públicas socioambientais.

Ademais disso, e considerando que a forma mais comum de gerenciar resíduos sólidos se baseia, essencialmente, na coleta, transporte e deposição final em áreas quase sempre desprovidas de todos os requisitos técnicos, tornar-se necessário colocar um ponto final nos ‘lixões’ ainda existentes no País, assim como, adotar novas atitudes, sob o ponto de vista ambiental, em relação ao padrão de consumo e geração de resíduos (SÃO PAULO, 2013).

Assim, além de políticas socioambientais efetivas que devem ser implementadas pelo Poder Público, é imperativo, ainda, a mudança por parte da população no que concerne aos hábitos de consumo e atitudes na forma de descarte dos resíduos. Com isso, praticar a redução, a reutilização e a reciclagem dos objetos de consumo é essencial para a formação de uma sociedade sustentável e, sobretudo, para o sucesso de qualquer política pública ambiental de tratamento e destinação dos resíduos sólidos.

De se enfatizar, novamente, que muitas prefeituras apenas coletam o lixo e, na sequência, os depositam em aterros desprovidos dos requisitos mínimos necessários estabelecidos pela legislação ambiental. Assim, no sistema de destinação final, devem considerar ações que promovam a reutilização e a reciclagem desses resíduos visando, com isso, benefícios à vida útil do aterro, assim como, a redução do volume de lixo depositado (CEMPRE, 2010).

Por tudo quanto até aqui restou consignado, este trabalho, que metodologicamente é um estudo de caso, tem por objetivo preponderante constatar como está, de fato, a gestão do aterro sanitário de um determinado município do interior do Estado de São Paulo, isso sob a perspectiva do índice de qualidade de resíduos (IQR-V).

No mais, a relevância deste estudo, do nosso ponto de vista, está no fato de se fornecer ao referido governo municipal subsídios em relação à observância, ou não, por parte da própria municipalidade, acerca do índice de qualidade de resíduos IQR-V e, com isso, fiscalizar, ainda, se o aterro está sendo usado corretamente, bem como, se não está se tornando um mero “lixão” e, conseqüentemente, gerando poluentes com potencial ofensivo de contaminação do solo e da água.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aterro Sanitário

Cumpre, antes de tudo, pontuar que, segundo a norma ABNT NBR 8419/1992, aterro sanitário é:

[...] uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário. (NBR8419, 1992, p. 01)

Por sua vez, Monteiro et al. (2001) definem aterro sanitário com sendo um método de disposição de resíduos ao solo, com cobertura de material inerte, de acordo com normas de engenharia, cujo objetivo é evitar riscos ao meio ambiente e à saúde pública.

Isso é também o que descreve Lima (2004), para quem os aterros sanitários são a forma de disposição final de resíduos sólidos, baseados em técnicas de operações e critérios de engenharia para atender padrões de segurança à saúde pública e ao meio ambiente.

Em consequente, para a implantação de aterros sanitários faz-se necessário, em primeiro lugar, estudos ambientais, que, por sua vez, devem ser realizados a fim de selecionar, especialmente, uma área adequada, com verificação de permeabilidade de solo, existência de nascentes e entorno para evitar riscos ambientais.

A respeito do assunto, a NBR nº 13.896/1997 dispõe, expressamente, acerca de critérios para projetos, implantação e operação de aterros sanitários de resíduos não perigosos, e fixa as condições mínimas no que concerne à redução dos impactos ambientais, bem como, possíveis danos à saúde pública.

Nesse contexto, pode-se apontar, dentre alguns critérios e requisitos, a distância mínima de 200 metros de cursos d'água; aspectos de declividade superior a 1% e inferior a 30%; distância superior de 500 metros de núcleos populacionais; acessos do aterro; vida útil; cercas vivas; fechamento perimetral; drenagem de águas pluviais; tratamento do líquido percolado, dentre outros.

Logo, as operações de disposição dos resíduos no solo devem estar alinhadas com todas as exigências da legislação e dos órgãos ambientais, isso para se garantir um controle da poluição ambiental e, sobretudo, proteção à saúde pública (SÃO PAULO, 2013).

No Estado de São Paulo, a solução adotada pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) foi a criação direcionada aos municípios de um Programa de Aterros Sanitários em Valas, para que os resíduos sólidos domiciliares recebessem tratamento adequado de disposição final. E, nos termos da resolução SMA nº 24/2003, firmaram-se convênios que contemplaram diversos municípios no Estado. Com isso, por meio da aprovação de licenciamento ambiental outorgado pela CETESB, são fornecidos elementos técnicos de segurança, assim como, exigidas condições para a instalação de aterros sanitários.

Em decorrência disso, Goldenberg (2005) aponta que houve exigência de instalações de apoio, tais como isolamento, portaria, estradas internas, assim como, a imposição de critérios para seleção de áreas, como declividade, dimensões de vida útil, distância de cursos d'água, profundidade do lençol freático, etc.

Entretanto, considerando as dificuldades que os municípios de pequeno porte enfrentavam na implantação e operação de aterros sanitários, foi editada, no âmbito federal, a resolução CONAMA 404/2008, que, por sua vez, estabeleceu critérios para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte. Assim, nos termos do art. 12, da resolução CONAMA 237/1997, restou estabelecido, dentre outras coisas, a adoção de procedimentos simplificados, assim como, definiu-se que são considerados aterros sanitários de pequeno porte aqueles com disposição diária de até 20 toneladas de resíduos sólidos urbanos.

Além disso, o art. 4º, da referida resolução, estabeleceu, ainda, as seguintes exigências para a concessão do licenciamento:

- I - vias de acesso ao local com boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas;
- II - respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental e normas técnicas;
- III - respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental relativa às áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais;
- IV - uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido, comprovadas por meio de estudos específicos;
- V - uso de áreas que atendam a legislação municipal de Uso e Ocupação do Solo, desde que atendido o disposto no art. 5º e 10 da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, com preferência daquelas antropizadas e com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados e de baixa valorização imobiliária;
- VI - uso de áreas que garantam a implantação de empreendimentos com vida útil superior a 15 anos.
- VII - impossibilidade de utilização de áreas consideradas de risco, como as suscetíveis a erosões, salvo após a realização de intervenções técnicas capazes de garantir a estabilidade do terreno.
- VIII - impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações.
- IX - descrição da população beneficiada e caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos a serem dispostos no aterro;
- X - capacidade operacional proposta para o empreendimento
- XI - caracterização do local:
- XII - métodos para a prevenção e minimização dos impactos ambientais;
- XIII - plano de operação, acompanhamento e controle;
- XIV - apresentação dos estudos ambientais, incluindo projeto do aterro proposto, acompanhados de anotação de responsabilidade técnica;
- XV - apresentação de programa de educação ambiental participativo, que priorize a não geração de resíduos e estimule a coleta seletiva, baseado nos princípios da redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos urbanos, a ser executado concomitantemente à implantação do aterro;
- XVI - apresentação de projeto de encerramento, recuperação e monitoramento da área degradada pelo(s) antigo(s) lixo(ões) e proposição de uso futuro da área, com seu respectivo cronograma de execução;

XVII - plano de encerramento, recuperação, monitoramento e uso futuro previsto para a área do aterro sanitário a ser licenciado;

XVIII - Apresentação de plano de gestão integrada municipal ou regional de resíduos sólidos urbanos ou de saneamento básico, quando existente, ou compromisso de elaboração nos termos da Lei Federal no 11.445/2007;

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá a qualquer tempo, considerando as características locais, incluir novas exigências. (CONAMA 404, 2008, p.2)

Em relação às diretrizes nacionais e política federal para o saneamento básico, cumpre destacar que o art. 2º, da Lei nº 11.445/2007, dispõe que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;

IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;

X - controle social;

XI - segurança, qualidade e regularidade;

XII - integração das infra-estruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

XIII - adoção de medidas de fomento à moderação do consumo de água. água (LEI 11.445,2007, p.1)

Já o art. 3º considera saneamento básico:

I - saneamento básico: conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;

II - gestão associada: associação voluntária de entes federados, por convênio de cooperação ou consórcio público, conforme disposto no art. 241 da Constituição Federal;

III - universalização: ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico;

IV - controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico;

VI - prestação regionalizada: aquela em que um único prestador atende a 2 (dois) ou mais titulares;

VII - subsídios: instrumento econômico de política social para garantir a universalização do acesso ao saneamento básico, especialmente para populações e localidades de baixa renda;

VIII - localidade de pequeno porte: vilas, aglomerados rurais, povoados, núcleos, lugarejos e aldeias, assim definidos pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (LEI 11.445,2007, p.2)

No mais, o art. 7º determina que, para os efeitos da Lei nº 11.445/2007, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades: I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei; II - de triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei; e III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana.

Entretanto, fica a pergunta: a quem compete realizar os serviços públicos de limpeza e destinação dos resíduos? A esse questionamento, Castro e Souza (2010, pg. 01) esclarecem que:

O artigo 24 da Constituição Federal atribui competência à União, aos Estados e ao Distrito Federal para legislar concorrentemente, dentre outros assuntos, sobre proteção do meio ambiente. Os parágrafos do artigo 24, por sua vez, regulamentam o exercício dessa competência concorrente, de forma a que União caiba estabelecer normas gerais, enquanto aos Estados caiba estabelecer normas suplementares, salvo na ausência de lei geral federal, hipótese em que fica o Estado automaticamente autorizado a exercer a competência plena.

O mesmo pode ser dito em relação às normas municipais. Apesar de a Constituição Federal não conferir competência aos Municípios para legislar sobre proteção do meio ambiente, os serviços de coleta e destinação de resíduos domiciliares são, via

de regra, de incumbência municipal e afetos ao interesse local. Por essa razão, diversas normas municipais disciplinadoras da coleta e destinação de resíduos estão, assim como as políticas estaduais, sujeitas à regulamentação Federal da PNRS e a ela deverão se conformar.

Aos Municípios, a teor do artigo 30 da Constituição Federal, compete legislar e atuar, entre outras, nas hipóteses em que (a) ficar caracterizado o interesse local; (b) for cabível suplementar a legislação federal e estadual e (c) se referirem à prestação de serviço público de interesse local. (CASTRO E SOUZA, 2010, p. 1).

De fato, como apontaram Castro e Souza (2010), a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos urbanos é, via de regra, de responsabilidade da gestão pública municipal.

A respeito, merece registro, ainda, que as formas de disposição final de resíduos sólidos urbanos existentes no País podem ser classificadas de diversas maneiras. As mais comuns são, de fato, os aterros sanitários convencionais e os aterros sanitários em valas (SÃO PAULO, 2013). Podem ser citados, ainda, os chamados ‘lixões’ e os aterros controlados (LIMA, 2004).

Nesse contexto, e segundo Ramos (2014), os aterros sanitários se apresentam como a melhor solução para a disposição final dos resíduos sólidos, pois, caso seja observada a legislação, existe impermeabilização do solo; tratamento dos gases; monitoramento da poluição para minimizar os impactos ambientais e aproveitamento dos gases tóxicos resultantes da decomposição da matéria orgânica.

Acrescente-se, ainda, que nos aterros sanitários convencionais os resíduos são depositados acima no nível do solo, para posteriormente serem compactados. Com isso, são formadas camadas de resíduos que se sobrepõem, resultando, assim, em uma configuração que se assemelha a uma pirâmide (SÃO PAULO, 2013).

Entretanto, para se evitar danos ao meio ambiente, um aterro sanitário deve observar todos os elementos de proteção ambiental e de saúde pública, notadamente as impermeabilizações de base, recobrimento diário dos resíduos, coleta e drenagem de líquidos percolados, tratamento de gases, drenagem superficial e sistemas de monitoramento, evitando-se, com isso, a contaminação do lençol freático pelo chorume e o acúmulo de biogás derivado da decomposição anaeróbica dos resíduos no aterro sanitário (BARBOSA; IBRAHIM, 2014).

Por sua vez, em aterro sanitário em valas os resíduos são depositados em fossos estreitos e compridos, sem compactação, bem como, são cobertos diariamente com uma camada de terra. Após o preenchimento total da vala, o aterro volta a ter a mesma topografia inicial (SÃO PAULO, 2013).

O aterro sanitário em valas é uma técnica de disposição utilizada por municípios que produzem até 10 toneladas por dia, ou seja, municípios de pequeno porte, sendo que para volumes acima disso torna-se necessário o uso de aterros convencionais (CETESB, 2010).

Observa-se que a resolução CONAMA 404/2008 estabelece, dentre outras coisas, que os resíduos sólidos permitidos nos aterros sanitários de pequeno porte são os resíduos domiciliares, assim como, de serviços de limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços que façam parte do serviço de coleta regular de resíduos.

Por outro lado, não são aceitos nessa disposição final os resíduos da construção civil e os resíduos perigosos, bem como, de atividades agrosilvopastoris, de mineração e resíduos de serviços de saúde. Para esses tipos de resíduos, existem destinações específicas.

Da mesma forma, não são recomendados, pelos órgãos públicos ambientais, que os resíduos de podas sejam depositados nos aterros, embora sejam classificados como resíduos sólidos urbanos, pois ocupam grande volume. Assim, devido às suas características, podem ser utilizados como insumos por meio de compostagem ou aproveitamento energético (CETESB, 2010).

Quanto ao ‘lixão’, trata-se de mero depósito de resíduos sólidos, caracterizado pela simples descarga de lixo ao solo, sem qualquer compactação ou recobrimento que, por sua vez, acaba promovendo a poluição do solo, da água, do ar, assim como, a proliferação de vetores de doenças que acarretam riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Essa forma de disposição é vedada pela legislação e, sobretudo, a mais prejudicial à sociedade (LIMA, 2004).

Existe, ainda, o termo de ‘aterro controlado’, que é utilizado para denominar as situações intermediárias entre lixões e os aterros sanitários regulares. Esse tipo de aterro recebe cobertura diária de material inerte, porém não possui impermeabilização, assim como, drenagem de líquidos ou de gases, e também não possuem técnicas específicas para operação (PHILIPPI JR; AGUIAR, 2008).

Em arremate, Philippi Jr. e Aguiar (2008) pontuam que esse tipo de aterro, denominado ‘controlado’, tem a função de diferenciar situações de descuido total com os resíduos, daqueles que já possuem alguma espécie de cuidado. Entretanto, atualmente, é considerada uma técnica imprópria, pois há tão somente uma cobertura de material inerte sobre os resíduos, que inibe apenas a proliferação de vetores ou a presença de catadores, porém, não há nenhuma proteção ao solo e ou tratamento dos líquidos e dos gases gerados decorrentes.

Gestão de Resíduos Sólidos

Como já se alertou anteriormente, a gestão de resíduos sólidos é um conjunto de atitudes com o propósito de minimizar os impactos ambientais, econômicos e sociais do crescente volume de resíduos sólidos nas áreas urbanas (CEMPRE, 2010). O conceito de gestão, por sua vez, está intimamente associado à tomada de decisões estratégicas com relação aos aspectos institucionais, administrativos e financeiros, operacionais, e ambientais, envolvendo políticas públicas, instrumentos e meios (BRASIL, 2013), enquanto o gerenciamento de resíduos envolve um conjunto de procedimentos de gestão com planejamentos adequados que visa, sobretudo, proporcionar aos resíduos sólidos urbanos gerados uma adequada coleta, armazenamento, tratamento, transporte e destinação final de maneira que possa minimizar os impactos ao meio ambiente e a saúde pública (CEMPRE, 2010).

Nessa direção, o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos compreende, necessariamente, o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade, visando promover a limpeza urbana e o manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos. (MONTEIRO et al., 2001).

Além disso, segundo o Cempre (2010), o gerenciamento do lixo municipal é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais e financeiras que a gestão municipal realiza com base em critérios técnicos, sanitários, ambientais e econômicos para promover adequadamente a coleta, separação, tratamento e disposição final do lixo urbano.

Com isso, na prática, a gestão de resíduos sólidos é um grande desafio para a sociedade atual, notadamente para a administração pública.

Não por caso, o art. 3º, incisos X e XI, da Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) estabeleceu as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos:

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (PNRS, 2010, p3).

Da mesma forma, o art. 9º, da referida lei, determina que, “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Assim, espera-se que somente os rejeitos sejam descartados nos aterros sanitários e que tenham incentivos relacionados à coleta seletiva, reciclagem e ao reaproveitamento dos resíduos (RAMOS, 2014). Também, nesse sentido, busca-se a distinção de destinação ambientalmente adequada e a disposição ambientalmente adequada. A destinação adequada, por sua vez, refere-se aos caminhos de reutilização e reciclagem dos resíduos, enquanto a disposição adequada significa que somente os rejeitos seriam recebidos nos aterros sanitários, aumentando-se, com isso, a vida útil dos aterros.

É importante destacar, ademais, que a Lei nº. 12.305/2010 estabelece, ainda, normas e proibições quanto à destinação e ou disposição final de resíduos ou rejeitos. Além disso, em seu art. 56 há, também, determinação para que a logística reversa seja implementada “progressivamente segundo cronograma estabelecido em regulamento”, enquanto em seu art. 54 aponta que a “disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei”, isto é, o prazo legal para o fim dos “lixões” seria 2014. Já se passaram três anos desde então.

Impede registrar, também, que o art. 5º, da Lei nº. 12.305/2010 estabelece que [...] “A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795/1999”.

Na mesma direção, o seu art. 8º preconiza que [...] “São instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, entre outros: VIII - a educação ambiental”.

No mais, o art. 19 estabelece que o “plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos tem o seguinte conteúdo mínimo: programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010).

Em linhas gerais, a implementação das diretrizes e ações impostas pela PNRS [Política Nacional de Resíduos Sólidos] requerem, sobretudo, a adoção de políticas públicas que envolvam toda a sociedade, especialmente para promover a conscientização ambiental, assim como, a assunção de responsabilidades compartilhadas para que o manejo dos resíduos sólidos seja de fato eficaz.

METODOLOGIA

Considerando que o objetivo deste trabalho é constatar e fiscalizar a acomodação dos resíduos sólidos urbanos em um aterro sanitário municipal, por meio do índice de qualidade de resíduos (IQR-V), a presente pesquisa foi desenvolvida sob uma perspectiva qualitativa, de caráter exploratório, a fim de se analisar o gerenciamento dos resíduos sólidos encaminhados ao aterro sanitário do município objeto de estudo. Além disso, pretende-se verificar se a forma atual atende ao que preconizam as diversas regulamentações acerca do manejo dos resíduos sólidos urbanos, assim como, dos dispositivos legais apontados por Tamarindo e Forti (2015), de modo a reduzir os riscos de contaminação do solo e do lençol freático.

Para tanto, fora realizado um estudo de caso para investigar as características do aterro sanitário quanto à acomodação dos resíduos recebidos (YIN, 2001). No tocante à análise e interpretação dos aspectos pesquisados, esse método contribuiu para descrever as ações, tendências e rotinas do aterro.

Nesse contexto, foram realizadas visitas técnicas ao aterro sanitário especialmente para observar como estão sendo executados os serviços operacionais de disposição final dos resíduos no solo, assim como, compreender o papel da estrutura física (obra de implantação) do aterro como um todo. Para isso, foram analisados os diversos componentes da estrutura do aterro sanitário, notadamente, por meio da metodologia empregada pela CETESB para qualificar e fiscalizar os aterros sanitários.

Essa metodologia foi implantada em 2006 e vem ao longo dos anos sendo aprimorada em planilhas de avaliações de aterros sanitários. E, no inventário estadual dos resíduos sólidos urbanos - CETESB (2015), encontra-se o detalhamento da atual padronização das planilhas.

Assim, conforme metodologia adotada pela CETESB, na qualificação dos aterros sanitários deve-se considerar o IQR (índice de qualidade de Aterros Resíduos), assim como, o IQR-valas (índice de qualidade de aterros de resíduos em Valas) e, por fim, o IQC (índice de qualidade de usinas de Compostagem). São estes, portanto, os índices adotados para cada tipo de locais de tratamento e destinação final de resíduos.

Por ser o objeto de estudo um aterro em valas, o índice adotado será o IQR-valas. E a metodologia aplicada baseia-se, sobretudo, em um questionário padronizado aplicado por técnicos da CETESB, que avaliam as características locais, operacionais e estruturais das instalações de disposição final de resíduos (CETESB, 2015). Os dados coletados, por sua vez,

permitem expressar as reais condições ambientais desses locais que, ao final, são classificados como adequados ou inadequados.

Por sua vez, a planilha de coleta de dados é dividida em três etapas, e possui diversos questionamentos e pontuações. Na primeira etapa, há itens e subitens direcionados à avaliação da estrutura de apoio, dos aspectos operacionais e da estrutura de proteção ambiental, permitindo-se, com isso, uma análise efetiva de aspectos de conservação do solo e da água. Na segunda etapa, apresentam-se outras informações que são agrupadas por subitens acerca de: presença de catadores, queima de resíduos, ocorrência de moscas e de roedores, presença de aves e de animais, assim como, o recebimento de resíduos não autorizados. Na terceira e última etapa, são enquadradas as características das áreas, com subitens sobre: a proximidade de núcleos habitacionais, a proximidade de corpos d'água, a vida útil do aterro e as restrições legais do uso do solo.

Portanto, em cada etapa apresenta-se um subtotal, sendo que a soma dos três subtotais atinge no máximo 100 pontos. E para determinar as condições do local e classificá-los em termos adequados ou inadequados, utiliza-se a seguinte equação: somatória dos 3 subtotais divididos por 10.

Dessa forma, se o resultado estiver entre 0,0 a 7,00, a avaliação é considerada como inadequada, ao passo que, se o resultado for entre 7,1 a 10,00, as condições são adequadas, conforme metodologia estabelecida pela CETESB.

O quadro 1 apresenta a classificação:

Quadro 1: Critério de avaliação da CETESB

IQR			AVALIAÇÃO
0,0	a	7,0	CONDIÇÕES INADEQUADAS
7,1	a	10,0	CONDIÇÕES ADEQUADAS

Fonte: CETESB, 2015

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise inicial, constatou-se, dentre outras coisas, que a área de deposição de resíduos sólidos do município objeto de estudo é classificada como aterro sanitário em valas, possuindo atualmente 24.200m². Está localizado a 4,7km do município, bem como, recebe aproximadamente 1,1 toneladas/dia de resíduos urbanos, apresentando uma média de

0,400kg/hab. A sua construção deu-se em 2008, e a licença de operação do aterro foi emitida em 2009 pela CETESB, para 6000 m² da área do aterro. Em 2015, passou por uma ampliação de licença de operação para a liberação do uso da área remanescente.

Com isso, após a outorga da licença ambiental de operação, o acompanhamento pela CETESB tem sido realizado anualmente, com data previamente agendada junto aos gestores do aterro. Esse tipo de avaliação ocorre para em as cidades do Estado de São Paulo. Nesse trabalho, inclusive, a avaliação do IQR-V também aconteceu por meio de agendamento prévio e autorizado pelos gestores do aterro.

Assim sendo, na primeira etapa da análise verificou-se que apenas 60% dos itens estavam de acordo com a planilha de avaliação do IQR-V. E um dos problemas encontrados no item de estrutura de apoio, foi o isolamento físico, que se encontra comprometido, pois a lateral direita do terreno permanece sem a presença da tela do alambrado, permitindo-se, assim, o acesso de pessoas e de animais em seu interior (figura 1).

Figura 4: Ausência de isolamento físico



Fonte: elaborado pela autora.

Observa-se, dessa maneira, que, de acordo com a NBR 13.896/1997, a função do isolamento físico é impedir o acesso de pessoas e de animais no interior do aterro, assim como, que essa área deve ser caracterizada como uma cerca que circunda a área total do terreno para controlar o acesso às instalações do aterro.

Além disso, no isolamento visual não há a presença de cerca viva, assim como a vegetação sem eucalipto, prevista em projeto, não está presente em todo o seu entorno. Há, ainda, vários trechos descobertos de vegetação. E, de acordo com a NBR 13.986/1997, a presença de vegetação é recomendada sobretudo para minimizar o transporte de odores pela ação do vento e de aspecto visuais em relação à vizinhança.

Não obstante, o acesso defronte à área de descargas encontra-se adequado, segundo a NBR 13.896/1997.

Em relação aos aspectos operacionais, as dimensões das valas estão de acordo com o projeto de implantação, enquanto o recobrimento diário dos resíduos não está sendo executados de forma eficiente, pois, geralmente, o município faz o referido procedimento somente uma vez na semana, e a exigência legal, por sua vez, é no sentido de que os resíduos sejam cobertos por material inerte ao final de cada jornada de trabalho.

No mais, a coleta de lixo do município objeto do presente estudo é realizada apenas três vezes na semana, portanto, os resíduos passam dias sem recobrimento, o que leva ao descarte inadequado, bem como, invariavelmente, acarreta a presença de animais e de vetores, colocando em risco, assim, a saúde pública e o próprio meio ambiente.

Figura 5 - Resíduos depositados na vala sem recobrimento adequado e ausência de drenagem superficial



Fonte: elaborado pela autora.

No que concerne à vida útil do aterro, verificou-se, ademais, que esse requisito está de acordo com as especificações de projeto, assim como o local da vala está em conformidade com o projeto de implantação do aterro.

Na última parte dos itens do grupo 1, foram avaliados os aspectos ambientais e a estrutura de proteção (profundidade do lençol freático, drenagem de águas pluviais e monitoramento de águas subterrâneas), tendo em vista que a legislação exige que a profundidade do lençol freático seja, de fato, maior que 3 metros. E, de acordo com as análises realizadas, especialmente por meio da verificação de documentos que foram legitimados por órgãos públicos de proteção ambiental, o lençol freático está, de fato, a mais

de 3 metros de profundidade, mesmo apresentando uma nascente a aproximadamente 100 metros de distância da área do aterro. Tal situação, portanto, é deveras preocupante.

Em relação aos itens de drenagem superficial e de monitoramento das águas subterrâneas, constatou-se que a gestão pública municipal não faz nenhum tipo de drenagem das águas de chuva e ou monitoramento das águas subterrâneas. Com efeito, um aterro deve ser construído e operado de forma a garantir, sobretudo a qualidade das águas subterrâneas, de modo a garantir os padrões de potabilidade estabelecido na legislação vigente (NBR 13.896/1997). Ademais, no projeto de implantação há especificações para aberturas de canaletas para drenar as águas superficiais, porém, na execução do projeto, não se constata a realização da drenagem, assim como, os resíduos são depositados conforme demonstrado na figura 2.

Quadro 2: Grupo 1: Itens de estrutura de apoio, aspectos operacionais e estruturas de proteção ambiental

ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE APOIO	ISOLAMENTO FÍSICO	SIM / SUFICIENTE	3	0
		NÃO / INSUFICIENTE	0	
	ISOLAMENTO VISUAL	ADEQUADO	3	0
		INADEQUADO	0	
	ACESSO À FRENTE DE DESCARGAS	ADEQUADO	4	4
		INADEQUADO	0	
ASPECTOS OPERACIONAIS	DIMENSÕES DAS VALAS	ADEQUADO	10	10
		INADEQUADO	0	
	RECOBRIMENTO DOS RESÍDUOS	ADEQUADO	10	0
		INADEQUADO	2	
		INESISTENTE	0	
	VIDA ÚTIL	SUFICIENTE	5	5
		INSUFICIENTE	0	
	APROVEITAMENTO DA ÁREA	ADEQUADO	10	10
		INADEQUADO	0	
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	PROF. LENÇOL FREÁTICO (P) X PERMEABILIDADE DO SOLO (k)	$P > 3 \text{ m}, k < 10^{-6}$	10	10
		$1 \leq P \leq 3 \text{ m}, k < 10^{-6}$	5	
		CONDIÇÃO INADEQUADA	0	
	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	SUFICIENTE	5	0
		INSUFICIENTE	0	
	MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	ADEQUADO	5	0
		INADEQUADO/INSUFICIENTE	2	
		CONDIÇÃO INADEQUADA	0	
SUBTOTAL 1: (Pontuação máxima = 65)				39

Fonte: CETESB (2015)

Nesse contexto, impende registrar, ademais, que a NBR 13.896/1997 exige, expressamente, a implementação de um sistema de captação e de desvio das águas de escoamento superficial das áreas externas e internas do aterro. Observando as considerações apresentadas, o quadro 2, na sequência, apresenta o resultado da avaliação no grupo 1 dos itens do IQR-V.

O segundo grupo avaliado, denominado de “outras informações”, verifica a presença de pessoas não autorizadas, a presença de animais, a queima de resíduos e a presença de resíduos não autorizados, como por exemplo, de embalagens de agrotóxicos.

Nessa análise, foi constatada a presença de aves, assim como a ocorrência de odores, sem a devida cobertura, decorrentes da decomposição de material orgânico. Essa situação decorre, sobretudo, em razão do recobrimento inadequado dos resíduos depositados nas valas, as quais, por sua vez, permanecem por dias a céu aberto (Figuras 3).

Dessa maneira, é precisa a advertência de Lima (2004), para quem a presença de macrovetores e, principalmente, de microvetores, podem ser patogênicos e, por consequência, comprometer a saúde pública. Portanto, o lixo passa a ser uma fonte contínua de agentes patogênicos quando disposto inadequadamente, como ocorre no aterro objeto do presente estudo.

Figura 6: Presença de animais e resíduos sem recobrimento espalhados pelo aterro



Fonte: elaborado pela autora.

Contudo, embora não tenha sido constatada a presença de catadores no local quando das visitas técnicas, os gestores do aterro municipal informaram que, geralmente, pessoas têm tido acesso à área sobretudo em razão do defeito na tela de proteção, que ainda não foi corrigido.

De se registrar, também, que restou verificado que o aterro não recebe resíduos não autorizados, tendo em vista que o município tem serviço de coleta de resíduos de saúde, assim como os resíduos de limpeza pública são armazenados em outro local definido pelo município.

Na segunda etapa, portanto, foi observado que 68% dos itens atendem às exigências das planilhas estabelecidas pela CETESB, conforme quadro 3.

Quadro 3: Grupo 2: Outras Informações (presença de catadores, queima de resíduos, ocorrências de moscas e odores, presença de animais e recebimento de resíduos não autorizados)

ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
OUTRAS INFORMAÇÕES	PRESENÇA DE CATADORES	NÃO	6	6
		SIM	0	
	QUEIMA DE RESÍDUOS	NÃO	5	5
		SIM	0	
	OCORRÊNCIA DE MOSCAS E ODORES	NÃO	4	0
		SIM	0	
	PRESENÇA DE AVES E ANIMAIS	NÃO	4	0
		SIM	0	
	RECEB. DE RESÍDUOS NÃO AUTORIZADOS	NÃO	6	6
		SIM	0	
SUBTOTAL 2: (Pontuação máxima = 25)				17

Fonte: CETESB (2015)

Por fim, no terceiro grupo, foram avaliadas as características da área onde o aterro sanitário foi implementado, assim como, aspectos concernentes à proximidade de núcleos habitacionais e da proximidade de corpos d'água (nascentes). Em relação ao item 'proximidades de núcleos urbanos', o aterro encontra-se em área adequada, pois está a mais de 500 metros, portanto, de acordo com a legislação. Quanto ao item 'proximidades de corpos d'água', constatou-se que a área se encontra irregular, haja vista que está, efetivamente, a menos de 200 metros, além do que existe uma nascente a menos de 100 metros. Portanto, resta evidente o risco de contaminação.

Nesse contexto, restou verificado que nessa etapa 50% dos itens estão de acordo com a legislação.

Em relação aos outros elementos desse grupo, como se tratam de itens de ordem meramente legal, como é o caso da vida útil, licenciamento e restrição de uso do solo, não entrarão no cômputo da pontuação do aterro, sendo determinantes apenas para seu funcionamento legal. Sendo assim, o resultado do terceiro grupo é apresentado no quadro 4.

Quadro 4: Grupo 3: Características da Área

ITEM	SUB-ITEM	AValiação	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICA DA ÁREA	PROXIMIDADE DE NÚCLEOS HABITACIONAIS	>= 500 m	5	5
		< 500 m	0	
	PROXIMIDADE DE CORPOS DE ÁGUA	>= 200 m	5	0
		< 200 m	0	
	SUBTOTAL 3: (Pontuação máxima = 10)			5
	VIDA ÚTIL DA ÁREA	☐ <= 2 ANOS		
		☐ DE 2 A 5 ANOS		
		☒ > 5 ANOS		
	LICENÇA DE OPERAÇÃO	☒ SIM		
		☐ NÃO / VENCIDA		
	RESTRIÇÕES LEGAIS AO USO DO SOLO	☐ SIM		
		☒ NÃO		

Fonte: CETESB (2015)

Em suma, após a definição da pontuação (score) em cada grupo do IQR-V, foi realizada a soma dos resultados parciais encontrados, para, na sequência, obter-se o resultado final do índice de qualidade dos resíduos do aterro sanitário objeto de pesquisa (equação 1).

Equação 1 – Resultado do IQR-V

$$IQR = \frac{SubTotal(1) + SubTotal(2) + Subtotal (3)}{10}$$

$$IQR = \frac{39 + 17 + 5}{10} = 6,1$$

Fonte: elaborado pela autora.

Considerando o resultado demonstrado por meio da equação 1, o aterro sanitário encontra-se, efetivamente, em condições inadequadas.

De se observar, ainda, que, para essa metodologia implementada pela CETESB, não é considerada uma pontuação parcial para os itens que são avaliados, ou seja, os valores (score) já estão previamente definidos e o mérito, por sua vez, está no fato de se realizar ou não o requisito, de modo que, não se leva em consideração, ao final, a conclusão parcial.

Não obstante, no Inventário Estadual de Resíduos sólidos urbanos da CETESB (2015) o município objeto de estudo é apontado com um score de 7,7 no ano de 2015 (último

ano divulgado do IQR-V). E, nos anos anteriores, o município obteve as seguintes notas: 9,5; 7,4; 9,0 e 7,5, para respectivamente 2014, 2013, 2012 e 2011.

Há, portanto, diferença na atual avaliação realizada por este estudo, concluída entre o final de 2016 e o começo de 2017. E a causa dessa variação pode decorrer da falta de manutenção e, ainda, do não acompanhamento de itens, como por exemplo, do monitoramento de águas subterrâneas, da drenagem de águas pluviais, do isolamento físico e visual e a presença de animais e de aves. A correção desses itens elevará o *score* do aterro para 8,1, e, com isso, se tornará adequado segundo a CETESB, que é o órgão regulador e fiscalizador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aqui chegados, pode-se afirmar que a aplicação do índice de qualidade de aterros (IQR-V) demonstrou, *in casu*, a importância de se avaliar e, sobretudo, fiscalizar periodicamente essas áreas sanitárias.

Da mesma maneira, no decorrer deste trabalho pode-se observar que um dos pontos do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos é exatamente o conjunto articulado de ações de operação desde a coleta até a disposição final, de modo que, a falha em alguma dessas etapas, compromete sobremaneira todo o sistema de gestão, causando grandes prejuízos ao meio ambiente, à saúde pública e, finalmente, à vida útil do próprio aterro sanitário. É imperativo, portanto, a sistematização das boas práticas de planejamento e manejo de resíduos, de modo a contribuir com o gerenciamento efetivo dos resíduos.

Em síntese conclusiva, no caso em análise se constatou, no que diz respeito ao isolamento físico - item primordial para segurança de acesso ao aterro -, a ausência de tela de proteção, situação essa que, indiscutivelmente, pode franquear a presença de animais e de pessoas não autorizadas.

Outro item averiguado, e que certamente traz grandes prejuízos ao manejo adequado dos resíduos sólidos do referido município, foi a falta de recobrimento diário das valas, tendo em vista que os resíduos ficam expostos por dias a céu aberto. Tal situação, como é cediço, fomenta enormes riscos à saúde pública, ao meio ambiente e, por fim, transforma aquilo que deveria ser um aterro sanitário legal, em mero 'lixão', o que é vedado pela legislação ambiental.

Ademais, foi observado ainda neste estudo a grande diferença nas pontuações anuais atribuídas pela CETESB. Embora nos respectivos períodos o aterro tenha sido considerado 'adequado', é fato incontroverso a existência de oscilação nas avaliações, situação

que, por si só, indica certa dificuldade por parte da administração municipal na tomada de decisões para melhorar as condições da área de maneira permanentemente e, sobretudo, nos termos da legislação vigente e aplicável.

E não é por outra razão, aliás, que na análise atual constatou-se que o índice está classificado como ‘inadequado’.

Assim sendo, a municipalidade deve corrigir os itens em desconformidade, principalmente aqueles relacionados à parte operacional, tais como, recobrimentos de resíduos e canaletas de drenagem superficial. Aliás, o próprio recobrimento dos resíduos, por si só, já elevará a pontuação, bem como diminuirá a presença de animais e de odores.

Por fim, embora a presente pesquisa tenha se limitado efetivamente à aplicação metodológica empreendida pela CETESB, que é o órgão de regulação e de fiscalização no Estado de São Paulo, há, ainda, a possibilidade de se empreender novas pesquisas, com enfoque mais específico, notadamente no concernente à possibilidade, *in casu*, de contaminação do solo e da água, tendo em vista que, naquela região, foi identificada uma nascente a menos de 100 metros do aterro sanitário.

Desse modo, novas pesquisas podem contribuir sobremaneira na avaliação dos riscos ambientais que o aterro sanitário desse município está exercendo sobre o meio ambiente daquela localidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.419/1992 .Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Disponível em : <<https://www.observatorioderesiduos.unb.br/painel/assets/uploads/files/996de-nbr-8.419-nb-843-apresentacao-de-projetos-de-aterros-sanitarios-rsu.pdf>> .Acesso em 11.out.2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13896/1997: Aterros de resíduos não perigosos-Critérios para projeto, implantação e operação**. Disponível em: <<ftp://ftp.cefetes.br/cursos/MetalurgiaMateriais/Joseroberto/P%D3S/NORMAS,%20ARTIGOS%20E%20%20EXERC%C3%92CIOS/nbr13896.pdf>>. Acesso em 10.out.2016.

BARBOSA, R. P, IBRAIN, F. I. D. **Resíduos Sólidos: Impactos, Manejo e Gestão Ambiental**. São Paulo: Érica, 2014.

BRASIL. Lei n.º 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento básico Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 20.10.2016.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui A Política Nacional De Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>> Acesso em: 16 fev. 2016.

CASTRO, F. B. P. de; SOUZA, A. V. Política de Resíduos Sólidos é um marco abrangente. Diversidade de Interesses. **Consultor Jurídico – Conjur**, São Paulo, 19 de agosto de 2010. Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2010-ago-19/politica-nacional-residuos-solidos-marco-regulatorio-abrangente>>. Acesso em: 06 de março de 2017.

CEMPRE; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixo municipal - manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.

CETESB (São Paulo) **Manual de operação de aterro sanitário em valas**. São Paulo : CETESB, 2010. Disponível em: <http://igeologico.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Aterro_valas.pdf>. Acesso em: 14.jan.2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2015**: relatório de 2015. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/inventario-RSD-2015.pdf>>. Acesso em: 15.out.2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Estabelece a revisão dos procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 12. Out. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução 404/2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>> Acesso em 18.Out.2016.

GOLDENBERG, J. **Procedimentos para Implantação de Aterro Sanitário em Valas**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio ambiente (SMA), 2005. Disponível em: <<http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/Manual%20de%20aterros%20em%20valas%20CETESB.pdf>>. Acesso em: 10 out.2016.

LIMA, L.M. Q. **Lixo**: tratamento e biorremediação. 3. ed. São Paulo: Editora Hemus, 2004.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Secretaria Especial do Desenvolvimento Urbano da Presidência da República. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

PHILIPPI JR., A; OLIVEIRA E AGUIAR, A. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. In: PHILIPPI JR., Arlindo. **Saneamento, Saúde e Ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Editora Manole Ltda., 2008.

RAMOS, S. P. A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a meta de implantação de aterros sanitários no Brasil. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. 17, n. 121, 2014. Disponível em: <http://ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=14280&revista_caderno=5>. Acesso em: out 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do meio Ambiente. **Resíduos Sólidos**. São Paulo: SMA, 2013. Cadernos de Educação Ambiental.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do meio ambiente. Resolução SMA nº 24 /2003. Disponível em <www.ipef.br/legislacao/bdlegislacao/arquivos/17064.rtf> acesso em 15. Out.2016.

TAMARINDO, U. G. F.; FORTI, J. C. Água e seus Instrumentos Legais de Proteção /Water and Your Protection Legal Instruments. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 1, p. 39-52, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

CAPÍTULO II

CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE UM ATERRO SANITÁRIO LOCALIZADO NO NOROESTE PAULISTA

RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos e a destinação adequada tem sido grandes desafios para toda a sociedade. Os resíduos sólidos urbanos apresentam constituintes bastante diversos na sua produção e volume, e que podem estar relacionado a fatores específicos de cada região, tais como clima, padrão de consumo, estilo de vida, grau de urbanização e industrialização. A influência destes fatores determinam as características físicas dos resíduos produzidos por determinado município. Portanto, este estudo teve como objetivo caracterizar os resíduos sólidos urbanos depositados em um aterro sanitário de um município no interior do Estado de São Paulo para compreensão do perfil de consumo e as potencialidades econômicas presentes nestes resíduos sólidos. Para tanto, foi realizado um estudo da composição gravimétrica dos diversos componentes que constituem os resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário municipal. Os estudos desta análise demonstraram que 72,94% dos resíduos depositados no aterro sanitários possuem potencialidades para outras atividades econômicas, tais como compostagem e reciclagem/reaproveitamento. No potencial econômico da fração reciclagem, os resultados demonstraram que cerca de R\$ 2.700,00 ao mês estão sendo desperdiçados pelo município com a disposição final de resíduos sólidos que poderiam estar sendo encaminhados à reciclagem.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Gravimetria. Gerenciamento.

CLASSIFICATION AND QUANTIFICATION OF SOLID URBAN WASTE FROM A SANITARY LANDFILL LOCATED IN THE NORTHWEST PAULISTA

ABSTRACT

The growing generation of urban solid waste has been a major challenge for the whole society. The urban solid waste presents constituents quite diverse in their production and volume, and that can be related to specific factors of each region, such as climate, pattern of consumption, lifestyle, degree of urbanization and industrialization. The influence of these factors determines the physical characteristics of the waste produced by a given municipality. Therefore, the objective of this study was to characterize urban solid waste deposited in a sanitary landfill of a municipality in the interior of the State of São Paulo to understand the consumption profile and the economic potential of these solid wastes. For that, a study was made of the gravimetric composition of the various components that constitute the urban solid waste deposited in the municipal sanitary landfill. The studies of this analysis showed that 72.94% of the residues deposited in the landfill have potential for other economic activities,

such as composting and recycling / reuse. In the economic potential of the recycling fraction, the results showed that around R\$ 2,700 per month are being wasted by the municipality with the final disposal of solid waste that could be sent to recycling.

Keywords: Solid Waste. Gravimetry. Management.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos são gerados pelas atividades cotidianas das residências e possuem constituintes bem diversificadas na sua produção e volume (CEMPRE, 2010). Essa variação está associada a sua procedência, ao nível econômico da população, as atividades econômicas locais, aos hábitos de consumo e ao estilo de vida (BRAGA et al., 2005; GIDARAKOS et al., 2005).

Os resíduos constituem-se por restos de alimentos, papéis, produtos deteriorados, embalagens plásticas, vidros, fraldas, metais e outros elementos heterogêneos de difícil classificação, como por exemplo, trapos de composição diversificada e que podem possuir potencial tóxico quando descartados incorretamente no meio ambiente (MIEZAH et al., 2015).

De modo geral, os resíduos sólidos urbanos podem ser agrupados em cinco classes: doméstico, comercial, público, domiciliar especial (construção civil, pilhas, baterias, lâmpadas, pneus) e de fontes especiais (industrial, radioativo, provenientes de portos, aeroportos, agrícolas e sólidos de serviços de saúde) (MONTEIRO et al., 2001). Para cada classe de resíduo existe uma destinação específica, sendo imprescindível um processo de gestão com a finalidade de promover o manejo adequado. Por este motivo, o gerenciamento dos resíduos sólidos deve ter como princípio o conhecimento das características físicas dos materiais produzidos pelo município para propor diretrizes de tratamento adequado (ALBUQUERQUE, 2011; MIR et al., 2016).

Neste contexto, estudar as características físicas dos resíduos gerados por uma determinada população, é uma ferramenta relevante para a tomada de decisão nas ações de gerenciamento, pois abre o caminho para propor iniciativas de melhoria no processo de gestão, que vai da coleta a destinação final no aterro (GÓMEZ et al., 2009).

Para tanto, a análise da gravimetria de resíduos representa a composição física dos resíduos sólidos em porcentagens, relacionando as diversas frações dos materiais que

compõem os resíduos sólidos urbanos em relação ao peso total da amostra de resíduo analisada (MONTEIRO et al., 2001).

Estudos discutindo e analisando a composição física dos resíduos de origem domiciliar, estão contribuindo em propostas de estratégias de melhorias nos sistemas de coletas seletivas e implantação de programas para a reciclagem. Como consequência, acabam por contribuir para o aumento da vida útil dos aterros sanitários reforçando a importância de se trabalhar com os aspectos ambientais e financeiros do município.

No México, Gomez et al. (2009) realizaram um estudo com 80 famílias de três classes socioeconômicas diferentes para identificar os fatores que influenciam a geração e caracterização dos resíduos. Os autores concluíram que a geração *per capita* e a fração orgânica aumentam de acordo com o nível sócio-econômico, sendo que, quanto melhor a classe sócio-econômica, mais resíduos são gerados e maior a fração de orgânico.

No Brasil, Costa et al. (2013) selecionaram três setores do município de Salinas, Estado de Minas Gerais, com maior concentração populacional e verificaram que nos setores com maior poder aquisitivo e maior grau de instrução obteve-se maior ocorrência de materiais com potencialidades para a reciclagem, e nos setores com menor poder aquisitivo predominou-se matéria orgânica.

Dando sequência, os autores demonstraram que na área urbana do município obteve-se, em média, 33,85% de materiais recicláveis e 46,45% para componentes de matéria orgânica, concluindo que o município deve propor iniciativas para a implantação de coletas diferenciadas para realizar a triagem e tratamento adequados dos resíduos gerados no município.

Outro estudo realizado por Machione (2014) verificou-se a possível presença de resíduos perigosos no município de Colina, Estado de São Paulo. Foi encontrado na composição física dos resíduos: 53,90% de matéria orgânica, 17,7% de materiais recicláveis, 15,6% de contaminantes biológicos, 11,8% de materiais diversos e 1% de contaminantes químicos. Diante destes resultados, ressaltou-se a necessidade de planejamento para a intensificação da coleta seletiva no município para o aproveitamento da fração reciclável, bem como a conscientização ambiental sobre o descarte adequado dos contaminantes químicos e biológicos que podem ocasionar danos ao meio ambiente e a saúde pública.

Em Jaú, Estado de São Paulo, foram determinados a geração *per capita*, o peso específico e a composição gravimétrica dos resíduos sólidos em dois bairros desse município no ano de 2013 (REZENDE et al., 2013).

Os resultados foram comparados com os resultados obtidos em 2001 e a análise mostrou que a geração *per capita* passou de 618g/hab/dia para 643g/hab/dia e a composição gravimétrica foi de aproximadamente 50% de matéria orgânica, 25% de materiais recicláveis e 25% de rejeitos, com percentuais com pouca alteração em comparação ao estudo anterior.

Na análise da fração de recicláveis, os autores observaram que a fração de plástico mole apresentou maior crescimento percentual de 3,7% para 5,9% e que as frações PET, embalagens longa vida, plástico duro, papel, papelão, vidros e metais ferrosos apresentaram percentuais inferiores aos estudos de 2001, o que podem estar relacionados ao valor de mercado destes materiais (REZENDE et al., 2013).

Na cidade de Porto de Moz, Estado do Pará, foi realizada uma avaliação gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos para a implantação de coletas seletivas (SOUTO et al., 2013). Os resultados mostraram que cerca de R\$ 13.000,00 mensais eram desperdiçados pelo descarte de materiais recicláveis. Também em estudos gravimétricos com abordagem econômica, Araújo et al. (2015) avaliaram os resíduos em Barra de São Miguel, Estado da Paraíba. Os autores concluíram que, em média, R\$ 112,10 eram desperdiçados diariamente com resíduos recicláveis descartados incorretamente no aterro sanitário.

Portanto, de acordo com Soares (2011) compreender a composição física dos resíduos permite uma avaliação da capacidade de contaminação ambiental desses, das alternativas de reutilização, reciclagem, valorização orgânica e energética dos resíduos sólidos urbanos depositados nos aterros sanitários, além de demonstrar as potencialidades econômicas dos resíduos, propor soluções para a coleta, tratamento e disposição final (GIDARAKOS et al., 2005; LIMA, 2004).

Visto este cenário, o presente estudo teve como objetivo classificar e quantificar os resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário de Rubiácea, Estado de São Paulo, Brasil, por meio da composição gravimétrica ou composição física, com o intuito de analisar os resíduos que ali estão sendo depositados.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Localização e descrição do aterro sanitário

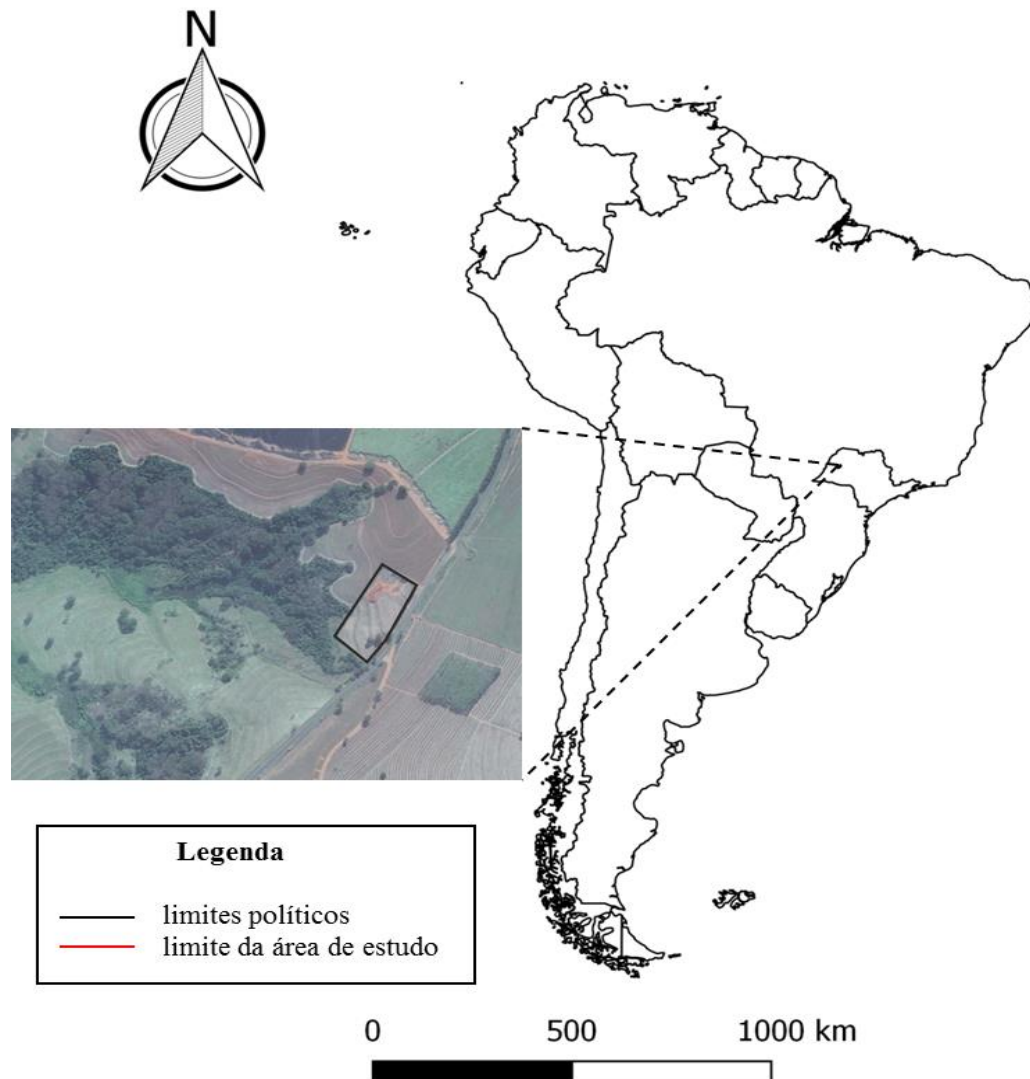
O aterro sanitário objeto de estudo, apresentado na figura 1, está localizado em Rubiácea, um município da região Noroeste do Estado de São Paulo (latitude 21°18'02"S, longitude 50°43'36"W), aproximadamente 564 km distantes da cidade de São Paulo, capital.

Esse município possui uma área de 236,9 km² e aproximadamente 3.000 habitantes, possuindo um grau de urbanização de 59,35% (SEADE, 2017). A economia desse município está baseada em agricultura e comércio.

O aterro analisado é classificado como aterro sanitário em valas e possui uma área total de 24.200 m². Está localizado a 4,7 km do município e recebe, aproximadamente, 1,1 toneladas de resíduos por dia, apresentando uma média de 0,4 kg/hab. A coleta convencional dos resíduos sólidos urbanos é realizada três vezes na semana pela prefeitura do município, por meio de caminhão coletor e compactador de lixo.

Os resíduos são encaminhados ao aterro sanitário e depositados em valas de 3 metros de largura por 15 metros de comprimento e 3 metros de profundidade, possuindo um volume de 135 m³ e tendo capacidade de receber aproximadamente 67,5 ton. de resíduos. Os resíduos do serviço de saúde (RSS) são coletados por empresa especializada e os resíduos provenientes da poda das árvores e limpeza pública são encaminhados para local específico. Os resíduos da construção civil (RCC) são coletados pela prefeitura e descartados provisoriamente em terreno da municipalidade. No município não existe coleta seletiva, há somente dois catadores independentes que coletam os resíduos para venda às empresas de reciclagem.

Figura 1: Localização do aterro sanitário, SP, Brasil.



Fonte: elaborado pela autora.

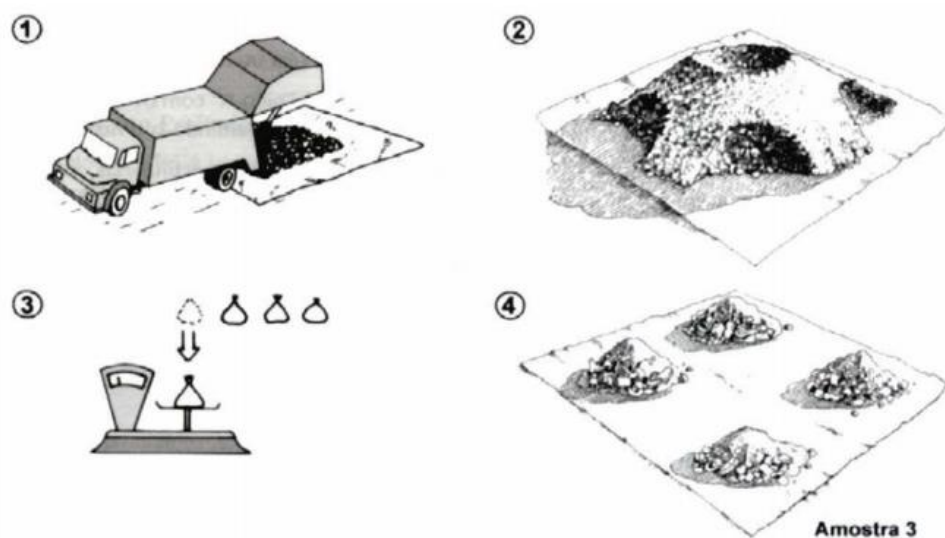
2. Análise Gravimétrica

Inicialmente foram realizadas pesquisas de campo e visitas técnicas à área a ser analisada. Posteriormente, procedeu-se a coleta das amostras para análise gravimétrica de acordo com a metodologia proposta por CEMPRE (2010). Essa metodologia está ilustrada na figura 2 e, basicamente, consiste no despejo, por caminhões coletores, dos resíduos sobre uma lona plástica formando um monte.

Neste monte são coletadas amostras em quatro pontos: uma no topo e três nas laterais, preenchendo sacos plásticos, os quais são pesados. Após, o conteúdo destes sacos

plásticos são despejados sobre uma lona plástica para passar por um processo de homogeneização das amostras. Por fim, é realizado o quartejamento, que consiste em descartar as duas partes opostas e analisar as duas partes restantes.

Figura 2: Amostragem para Análise da Composição Física



Fonte: CEMPRE (2010, p. 34)

No procedimento adotado, a amostra foi obtida de forma aleatória e acondicionada em 6 tambores plásticos de 200 litros para ser pesada e separada. A pesagem foi realizada por uma balança com capacidade de até 500 quilos.

Figura 3: Pesagem e Preparação para a homogeneização



Fonte: elaborado pela autora.

Na sequência, os resíduos foram encaminhados a outro local e dispostos sobre lona plástica para ser realizado o procedimento de preparação para a homogeneização, conforme apresentado na figura 3. Para realizar a homogeneização, os resíduos foram retirados de sacolas ou plásticos e espalhados sobre uma lona plástica, a fim de obter uma amostra homogênea que, segundo a NBR10007/2004, “*é uma amostra obtida pela melhor mistura possível das alíquotas dos resíduos*”. Após essa etapa, foi realizado o procedimento de quarteamento (figura 4), no qual os resíduos foram acondicionados no interior de um quadrado formado por régua de madeira com as dimensões de 2 metros por 2 metros com o objetivo de dividir esses resíduos em quatro partes, descartando duas partes opostas. Os resíduos descartados foram devolvidos ao aterro e as outras partes foram analisadas.

Figura 4- Processo de Quarteamento



Fonte: elaborado pela autora.

RESULTADOS

A análise das amostras coletadas consistiu na separação dos resíduos de acordo com sua categoria, seguindo a classificação descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos Resíduos Sólidos

Matéria orgânica	Restos de alimentos, galhadas, folhas,
Plástico	Sacos, embalagens, recipientes de produtos de limpeza, sacos de rafia, utensílios de cozinha,
Papel, Papelão	Revistas, jornais, cartões, cadernos, livros, papel, caixas.
Vidros	Garrafas, copos, pratos, espelhos, embalagens de produtos de limpeza a higiene pessoal, embalagens de produtos alimentícios.
Metal	Latas de bebidas, restos de cobre, chumbo,
Madeira	Tábua, palitos de sorvete, móveis, sapatos.

Trapos	Roupas, panos de limpeza, pedaços de tecido, mochilas, bolsas.
Fraldas	Fraldas descartáveis,
Eletrônicos	Fios, cabos, fitas, CDs.
Isopor	Placas isopor, embalagens de isopor
Outros	Materiais de difícil identificação e classificação

Fonte: adaptado de Castilho Jr et al. (2003)

A Tabela 2 mostra a composição gravimétrica dos resíduos presentes no aterro objeto de estudo. Observa-se que a maior parcela dos resíduos depositados no aterro sanitário em valas são provenientes de matéria orgânica (44,89%), seguido de plásticos (17,07%), trapos (12,98%), fraldas (9,11%) e papel/papelão (6,87%).

A Figura 5 mostra a classificação desses resíduos considerando a matéria orgânica como material compostável, os plásticos, papel/papelão, vidros e metais como materiais recicláveis e fraldas, trapos, madeira, eletrônicos, isopor e outros como rejeitos. Foi verificado que 72,94% dos resíduos depositados no aterro sanitário podem ser encaminhados para reutilização, sendo 44,89% para compostagem e 28,05% para reciclagem/reaproveitamento.

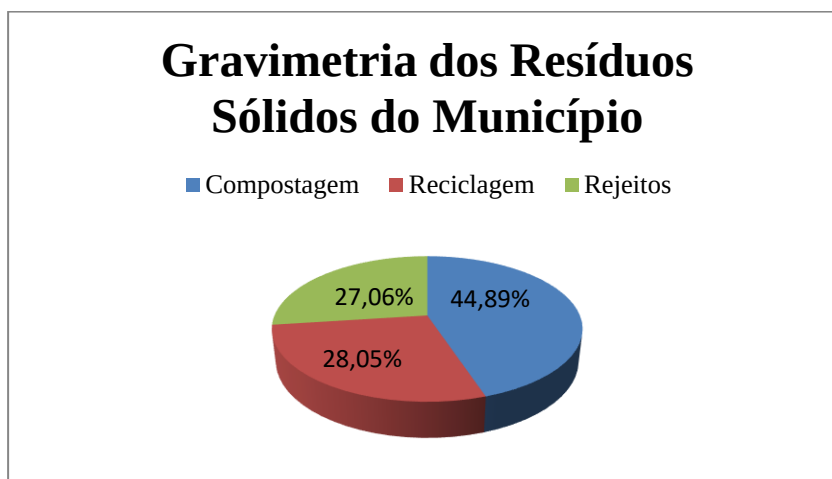
Tabela 2. Composição gravimétrica dos resíduos presentes no aterro objeto de estudo

Categorias	Porcentagem	
	(kg)	(%)
Matéria Orgânica	44,1	44,89
Plástico Firme	3,00	3,05
Plástico Maleável	13,77	14,02
Vidros	1,27	1,29
Papel/Papelão	6,75	6,87
Metais	2,77	2,82
Fraldas	8,95	9,11
Trapos	12,75	12,98
Madeira	0,9	0,92
Eletrônicos	3,3	3,36
Isopor	0,33	0,34
Outros	0,35	0,36
Total	98,24	100,00

Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com a Lei 12.305/2010, espera-se que somente rejeitos ou resíduos que não tenham outra forma de reaproveitamento, sejam encaminhados aos aterros sanitários, sendo assim, grande parte desses resíduos não deveria ser depositada nesse aterro.

Figura 5. Gravimetria dos Resíduos Sólidos do Município.



Fonte: elaborado pela autora.

Na fração dos resíduos com potencial para reciclagem ou reaproveitamento, mostrados na Tabela 3r, observa-se que, dos 27,56 kg separados por categorias com este tipo de potencial, 49,96% são de plásticos maleáveis, 24,49% de papel/papelão e 10,89% de plásticos firmes. Nota-se grande predominância de resíduos plásticos, os quais tem grande potencial para reciclagem e estão sendo depositados indevidamente no aterro sanitário.

Tabela 3. Composição dos resíduos com potencial para reciclagem/reutilização

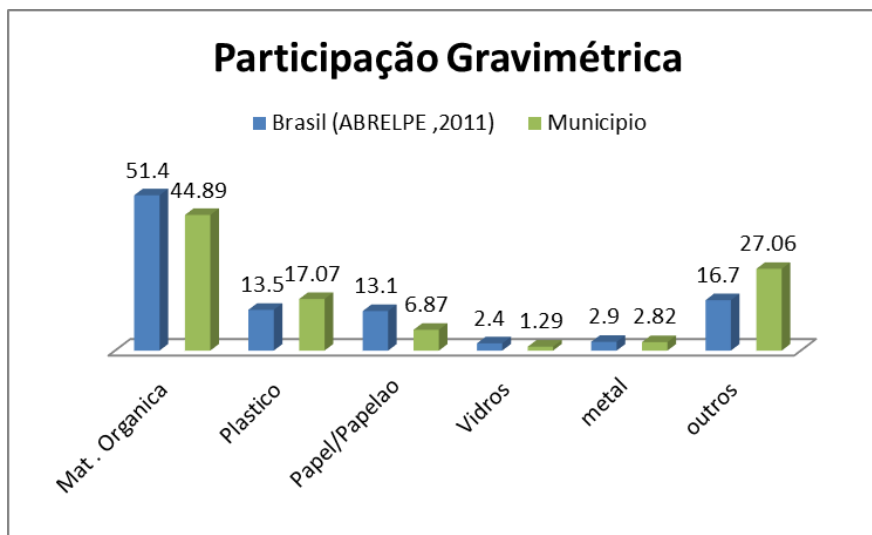
Categorias	Kg	%
Plástico firme	3,00	10,89
Plástico Maleável	13,77	49,96
Vidros	1,27	4,61
Papel/Papelão	6,75	24,49
Metais	2,77	10,05
Total	27,56	100

Fonte: elaborado pela autora.

Nota-se que existe uma grande necessidade de promover a coleta seletiva, contribuindo assim, para o aumento da vida útil do aterro com a diminuição de disposição de

resíduos que podem ter outra forma de utilização, além de gerar atividades econômicas para o município e, principalmente, preservar o meio-ambiente.

Figura 6: Distribuição dos resíduos desse trabalho comparados com o perfil no Brasil



Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com a Abrelpe (2011), a composição das diversas frações dos resíduos varia de acordo com as regiões, já que as características físicas dos resíduos estão relacionadas aos hábitos de consumo, características locais de estilo de vida e as maneiras de descarte dos resíduos de cada população. A Figura 6 apresenta uma comparação entre os dados desse trabalho e as médias dos resíduos sólidos no Brasil.

Os resíduos sólidos do município em estudo apresentaram valores abaixo da média nacional nos seguintes componentes: matéria orgânica, papel/papelão, vidros e metal. Já na composição de plástico e “outros” apresentaram índices acima da média nacional. Neste estudo a fração “outros” engloba materiais que foram considerados rejeitos (fraldas, trapos, madeira, eletrônicos, isopor e para aqueles resíduos que não foram possíveis a sua separação na gravimetria). Estes itens foram agrupados para ser possível a comparação com a participação gravimétrica nacional.

Tabela 4. Geração diária de resíduos, geração *per capita* e porcentagem, após análise gravimétrica dos resíduos sólidos do aterro em estudo.

Fração	Quantidade Diária Kg/dia	Geração <i>per</i> <i>capita</i> Kg/hab/dia	Porcentagem (%)
Matéria Orgânica	514,31	0,171436655	44,89
Plástico Firme	34,99	0,011662357	3,05
Plástico Maleável	160,59	0,053530221	14,02
Vidros	14,81	0,004937065	1,29
Papel/Papelão	78,72	0,026240304	6,87
Metais	32,30	0,010768243	2,82
Fraldas	104,38	0,0347927	9,11
Trapos	148,70	0,049565019	12,98
Madeira	10,50	0,003498707	0,92
Eletrônicos	38,49	0,012828593	3,36
Isopor	3,85	0,001282859	0,34
Outros	4,08	0,001360608	0,36
Total	1.145,71	0,381903333	100,00

Fonte: elaborado pela autora.

A estimativa de produção diária de resíduos sólidos no município é de 1145,71 kg, os quais são encaminhados ao aterro sanitário, de acordo com dados coletados na prefeitura. De acordo com a fundação SEADE (2017), a população do município é aproximadamente 3.000 habitantes. A Tabela 5 apresenta o perfil *per capita* de geração de resíduos e a quantidade de cada fração de resíduos sólidos urbanos gerados diariamente. Considerando os dados apresentados na Abrelpe (2015), o Brasil tem uma geração *per capita* de resíduos sólidos de 1,071 kg/hab/dia. Já na região sudeste é de 1,25 kg/hab/dia. No município em estudo o valor da geração de resíduos *per capita* foi de 0,38 kg/hab/dia, portanto encontra-se abaixo dos parâmetros descritos pelo Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil em 2015.

Para o estudo do potencial econômico dos resíduos recicláveis depositados no aterro sanitário, foi realizada uma consulta de mercado para determinação dos preços médios do quilograma de cada fração, a fim de determinar os desperdícios financeiros dos resíduos

sólidos produzidos pela população e descartados no aterro sanitário. Os resultados estão apresentados na Tabela 5 e referem-se aos resíduos com potencialidade para a reciclagem.

Tabela 5. Materiais comerciáveis, quantidade de geração diária, preço e valor do desperdício.

Tipo de Fração comerciável	Quantidade diária Kg/dia	Preço R\$/kg	Desperdício R\$/dia
Plástico Firme	34,99	0,35	12,25
Plástico Maleável	160,56	0,30	48,17
Vidros	14,81	0,05	0,74
Papel/Papelão	78,72	0,35	27,55
Metais	32,30	0,08	2,58
Total	321,38	-	91,29

Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com os resultados, o prejuízo diário com o desperdício de resíduos recicláveis é de R\$ 91,29. O benefício econômico destes resíduos associado à valorização dos catadores ou a formação de associações de reciclagem trariam ao município geração de renda e inserção desses catadores no mercado de trabalho e inclusão social.

Foram identificados dois catadores de materiais recicláveis no município, que atuam de forma independente, coletando os resíduos das residências e pequenos comércios para posteriormente promover a triagem no quintal de suas casas. Os catadores não possuem equipamentos de proteção individual, portanto, estão expostos diretamente aos resíduos coletados. Estes materiais são vendidos para empresas de reciclagem de cidades vizinhas. Cada coletor possui uma renda mensal de R\$ 1200,00 da venda destes materiais.

A PNRS (2010) concede prioridade no acesso a recursos da União, aos municípios que *“implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda”* (PNRS, p.10,2010) Portanto, cabe ao município à criação de incentivos financeiros em parcerias com os agentes catadores de recicláveis para propor diretrizes para a execução das ações de reciclagem no município. A fração orgânica pode ser encaminhada às usinas de compostagem, porém neste estudo não foi avaliado o potencial da matéria orgânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo do presente estudo, os resultados demonstraram que 72,94% dos resíduos que estão sendo depositados no aterro sanitário em valas do município objeto de estudo possuem potencial para reciclagem (28,05%) e compostagem (44,89%).

Diante deste potencial, há uma grande necessidade de promover ações de gerenciamento no sentido conscientizar a população a respeito dos desperdícios e propor estratégias para implantação da coleta seletiva para que, pelo menos, os resíduos com potencial de reciclagem possam gerar outra atividade econômica e permitir que estes produtos possam voltar a cadeia produtiva.

A partir da iniciativa de reciclar o plástico, o papel/papelão, os vidro e os metais, alguns benefícios ambientais e sociais são agregados de maneira natural ao processo, como por exemplo, o aumento na vida útil do aterro, a proteção ambiental e a geração de novas fontes de emprego e renda por meio da cadeia reversa dos produtos recicláveis.

Outra questão está ligada ao resultado financeiro que poderia ser obtido com a reciclagem dos produtos. O ganho financeiro com resíduos recicláveis no aterro sanitário poderia ser de R\$ 91,29 ao dia, cerca de R\$ 2.700,00 ao mês, com base no resultado da gravimetria que, no caso, poderia manter uma associação de catadores gerando emprego e renda.

Portanto, a composição gravimétrica torna-se importante para o processo de gerenciamentos dos resíduos, pois permite caracterizar e quantificar os diversos elementos depositados nos aterros sanitários, contribuindo para a definição de estratégias e modelos de gestão dos resíduos, bem como para o planejamento e aquisição de novas tecnologias adequadas ao tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Publica e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2011. Disponível em : <<http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20RSU-1.pdf>>. Acesso em : 14.fev.2016.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Publica e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2015. Disponível em:<<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>. Acesso em: 22.abr.2016.

ALBUQUERQUE, J. B. T. **Resíduos sólidos**. Leme: Independente, 2011.

ARAUJO, N. C., QUEIROZ, A. J. P., GUIMARAES, P. L. F., GOMES, A. A. Gravimetria e abordagem econômica dos resíduos sólidos urbanos em um município no estado da

Paraíba. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, n. 3, p. 67-72, 2015.

ARKOC, O. Municipal solid waste landfill site selection using geographical information systems: a case study from Çorlu, Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 7, n. 11, p. 4975-4985, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos: Classificação**. São Paulo: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007/2004. Amostragem de Resíduos Sólidos**. São Paulo: ABNT, 2004.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 15. mar. 2016.

CEMPRE; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixo municipal - manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.

COSTA, L. E. B., COSTA, S. K., REGO, N. A. C., DA SILVA JUNIOR M. F. Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 3, n. 2, p. 73-90, 2013.

CUSSIOL, N. A.D.M.; ROCHA, G. H. T.; LANGE, L. C. Quantificação dos resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos urbanos da regional sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil Gravimetric characterization of potentially. **Cad. Saúde Pública**, v. 22, n. 6, p. 1183-1191, 2006.

FUNDAÇÃO SEADE. **Perfil Municipal de Rubiácea**. Disponível em:
<<http://produtos.seade.gov.br/produtos/imp/>>. Acesso em: 3 maio . 2017

GIDARAKOS, E.; HAVAS, G.; NTZAMILIS, P. Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. **Waste management**, v. 26, n. 6, p. 668-679, 2006.

GÓMEZ, G., MENESES, M., BALLINAS, L., CASTELLS, F. Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. **Waste Management**, v. 29, n. 7, p. 2018-2024, 2009.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3. ed. São Paulo: Editora Hemus, 2004

MIEZAH, K., OBIRI- DANSO, K., KÁDÁR, Z., FEI-BAFFOE, B., MENSAH, M. Y. Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. **Waste Management**, v. 46, p. 15-27, 2015.

MIR, M. A., GHAZVINEI, P. T., SULAIMAN, N. M. N., BASRI, N. E. A., SAHERI, S., MAHMOOD, N. Z., AGHAMOHAMMADI, N. Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model. **Journal of environmental management**, v. 166, p. 109-115, 2016.

- MONTEIRO, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Secretaria Especial do Desenvolvimento Urbano da Presidência da República. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: < <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2017.
- OLIVEIRA, B. O. S.; DE OLIVEIRA, L. F.; DE MOURA, D B. Avaliação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados no conjunto Uruapiara do Município de Humaitá-AM. **Scientia Amazonia**, v. 6, n. 2, 58-62, 2017
- PHILIPPI JR., A.; OLIVEIRA E AGUIAR, A. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. In: PHILIPPI JR., A. Saneamento, Saúde e Ambiente: **Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. Barueri: Editora Manole Ltda., 2008.
- REZENDE, J. H., CARBONI, M., TOLEDO MURGEL , M. A., CAPPS, A. L. D. A. P., TEIXEIRA, H. L., SIMÕES, G. T. C., DE ALMEIDA OLIVEIRA, C. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 1, 2013.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Consumo Sustentável**. São Paulo: SMA, 2011. Cadernos de Educação Ambiental.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resíduos Sólidos**. São Paulo: SMA, 2013. Cadernos de Educação Ambiental.
- SILVA, S. P. **A Organização Coletiva de Catadores de Material Reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária**. 2017. Disponível em : < <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7413>>. Acesso em : 21.jun.2016
- SOARES, E. L.S. F. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro : UFRJ, 2011.150f. Dissertação(mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil , Universidade Federal do Rio de Janeiro , Rio de Janeiro, 2011.
- SOUTO, F. B. D.; RAIMAM, M. P.; ALBINO, U. B.. Resíduos Sólidos Urbanos em Porto de Moz-PA: Problemas e oportunidades. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 2, p. 85-94, 2013.
- TADA, A. M., DE ALMEIDA, A. M. G., GONÇALO JR, P. R., KIMURA, W. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, RIMa, 2003.
- THODE FILHO, S., DE JESUS MARQUES, A., SANTOS, J., RIBEIRO, K. F., DE MEDEIROS, M. R. A. M., SANTOS, P. G., DE SANTANA FRANÇA, S. Um estudo sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do ifrj campus duque de caxias, rj. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** ,v. 18, p. 30-35, 2014.

CAPÍTULO III

ANÁLISES DE METAIS TÓXICOS E COMPOSTOS ORGÂNICOS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM AMOSTRAS DE SOLO PROVENIENTES DE UM ATERRO SANITÁRIO

RESUMO

Os resíduos sólidos possuem grande potencial de contaminação dos solos quando são descartados de maneira inadequada. O grande desafio da sociedade atual é promover o descarte adequado dos resíduos sólidos urbanos, de forma a garantir a segurança da saúde pública e evitar riscos ao meio ambiente. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o perfil da concentração de metais tóxicos e hidrocarbonetos aromáticos de risco à saúde humana em solo de aterro sanitário. Essa é uma importante ferramenta para avaliar a possível presença de contaminantes oriundos do descarte inadequado dos resíduos bem como auxiliar no gerenciamento dos descartes e no controle da contaminação ambiental. Para tanto, foram coletadas amostras de solo em diferentes locais e profundidades para analisar cádmio, chumbo, níquel, arsênio, mercúrio, que são elementos potencialmente tóxicos e os hidrocarbonetos aromáticos benzeno, etilbenzeno, o-xileno, m,p-xilenos. Em todas as amostras de solos analisados os teores de Cd e As foram abaixo do limite de detecção de $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Os teores de Pb variaram de $5,34$ a $7,40 \text{ mg kg}^{-1}$, níquel de $2,17$ a $3,00 \text{ mg kg}^{-1}$, e Hg de $75,4$ a $88,3 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$. Os teores de hidrocarbonetos aromáticos benzeno, etilbenzeno, o-xileno estavam abaixo de $5,5 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ e m,p-xileno abaixo de $11 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$. Os resultados de metais tóxicos e hidrocarbonetos aromáticos presentes no solo do aterro sanitário se apresentaram abaixo dos valores orientadores da Resolução do CONAMA nº 420, na qual dispõe de critérios e valores da qualidade de solo quanto à presença de substâncias químicas para o Brasil. Com base nos resultados encontrados, pode-se considerar que os baixos teores encontrados podem estar relacionados ao tempo de atividade do aterro sanitário ou ao perfil da população do município, que é, predominantemente agrícola baseada na agricultura familiar. Com os resultados, também foi possível comparar os índices encontrados aos valores orientadores de outros países, sendo que, apenas o elemento Hg encontra-se com teores acima dos limites máximos permitidos em relação aos limites da Bulgária.

Palavras-chave: Aterro Sanitário. Fertilidade de Solo. Contaminação de Solo. Resíduos Sólidos.

ANALYSIS OF TOXIC METALS AND POTENTIALLY TOXIC ORGANIC COMPOUNDS IN SOIL SAMPLES FROM A SANITARY LANDFILL

ABSTRACT

Solid waste has a great potential for contamination of soils when they are improperly discarded. The great challenge of today's society is to promote the proper disposal of solid urban waste, in order to guarantee the safety of public health and avoid risks to the environment. In this context, the objective of this work was to analyze the concentration profile of potentially toxic metals and aromatic hydrocarbons of human health risk in landfill land. This is an important tool to evaluate

the possible presence of contaminants from inappropriate disposal of waste as well as assist in the management of discards and control of environmental contamination. Soil samples were collected at different sites and depths to analyze cadmium, lead, nickel, arsenic, mercury, which are potentially toxic elements and the aromatic hydrocarbons benzene, ethylbenzene, o-xylene, m, p-xylenes. In all analyzed soil samples the Cd and As contents were below the detection limit of 0.1 mg kg⁻¹ and 0.1 mg kg⁻¹, respectively. Pb levels ranged from 5.34 to 7.40 mg kg⁻¹, nickel from 2.17 to 3.00 mg kg⁻¹, and Hg from 75.4 to 88.3 µg kg⁻¹. The aromatic hydrocarbon contents benzene, ethylbenzene, o-xylene were below 5.5 µg kg⁻¹ and m, p-xylene below 11 µg kg⁻¹. The results of potentially toxic metals and aromatic hydrocarbons present in the soil of the landfill were below the guideline values of CONAMA Resolution 420, which has criteria and values of soil quality for the presence of chemical substances in Brazil. Based on the results found, it can be considered that the low levels found may be related to the time of activity of the landfill or the profile of the population of the municipality, which is predominantly agricultural based on family agriculture. With the results, it was also possible to compare the indices found in the guideline values of other countries, with only the Hg element being above the maximum limits allowed in relation to the limits of Bulgaria.

Keywords: Sanitary Landfill. Soil Fertility. Soil Contamination. Solid Waste.

INTRODUÇÃO

A poluição e a degradação do solo são causadas principalmente pelas atividades antrópicas sobre o meio ambiente e os resíduos sólidos estão entre as principais fontes poluidoras em diversos países do mundo (PASTOR et al., 2012; ADAMCOVÁ et al., 2016). Nos países em desenvolvimento da Ásia, por exemplo, existe uma grande dificuldade em promover o gerenciamento adequado para os resíduos sólidos, bem como criar áreas disponíveis para a disposição final dos mesmos (KHAJURIA et al., 2010).

O inadequado gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos vem contribuindo para a degradação dos solos e das águas e, conseqüentemente, causando riscos à saúde humana (KHAJURIA et al., 2010). A China, o maior país em desenvolvimento no mundo, apresenta grandes problemas ambientais devido ao rápido crescimento populacional e industrial e isto, está diretamente ligada à grande geração de resíduos sólidos, estimados em 480 milhões de toneladas até o ano de 2030 (ZHENG et al., 2014).

A disposição dos resíduos deve ser feita de forma adequada em aterros sanitários com o objetivo de minimizar os riscos ao meio ambiente e à saúde humana (CEMPRE, 2010; ARKOC, 2014; ADAMCOVÁ et al., 2016). De acordo com a Abrelpe (2015), no Brasil, 58,7% dos resíduos coletados são encaminhados para aterros sanitários de forma adequada, porém, cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos estão sendo depositados de forma inadequada nos aterros controlados (24,1%) e em lixões (17,2 %). No Estado de São Paulo,

77,2% dos resíduos foram depositados em aterros sanitários, 14,9% nos aterros controlados e 7,9% em lixões.

Os aterros sanitários devem possuir critérios técnicos e normas de engenharia com planejamento operacional adequado, visando atender a legislação ambiental (GHANBARI et al., 2012). Dentre os critérios, destacam-se: impermeabilização do solo, drenagem das águas pluviais, tratamento dos gases, recobrimento dos resíduos, captação e tratamento do chorume (MONDAL et al., 2010; BARBOSA; IBRAHIM, 2014).

A disposição inadequada de resíduos prejudica a capacidade de produtividade do solo, afetando a disponibilidade de nutrientes, que são elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas e dos animais (KORF et al. 2008; RONQUIM, 2010; TCHOUNWOU et al., 2012; ALVES et al., 2016). Em estudo realizado em aterros sanitários encerrados na Espanha, foi detectada a presença de metais tóxicos em concentrações acima do limite permitido, além de altos níveis de poluentes orgânicos que dificultam a revegetação ou remediação dos solos contaminados (PASTOR et al., 2012).

Existe grande variação nas normas que regulamentam o limite máximo de elementos potencialmente tóxicos em solos agrícolas entre diferentes países. Muitos desses limites estão associados ao uso do solo, potencial risco poluidor, índices de poluição, risco à saúde pública bem como a fatores físicos e químicos do solo (HE et al., 2015). Adamcová et al. (2016) afirmam que o uso excessivo de fungicidas e herbicidas que contém metais em suas composições pode acarretar toxicidade ao solo, às águas e às plantas.

Outra fonte de contaminação dos solos são os hidrocarbonetos aromáticos, conhecidos como BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno) que são derivados do petróleo e estão presentes em graxas, lubrificantes, solventes industriais e combustíveis (EL-NAAS et al., 2014).

Esses elementos são considerados poluentes perigosos com alto poder contaminante em solos, águas e seres humanos, podendo causar sérios danos à saúde humana como doenças cancerígenas, problemas respiratórios e doenças neurológicas (DURMUSOGLU et al., 2010; PANAGOS et al., 2013; EL-NASS et al., 2014).

Nos Estados Unidos, devido à gravidade apresentada à saúde humana, foi estabelecida limites máximos pela Agência de Proteção Ambiental (US EPA), que, inclusive, desenvolveu metodologias para extração e análise destes componentes contaminantes presentes no solo e na água para consumo humano, visto que, é crescente a busca por desenvolvimento de métodos mais eficientes para minimizar os impactos causados ao meio ambiente por estes componentes (EL-NASS et al., 2014).

Assim, estudos para controle de BTEX em aterros sanitários e em seu entorno é de grande importância para minimizar os possíveis riscos à saúde humana, já que possuem alta solubilidade em água (EL-NASS et al., 2014).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi analisar a possível presença de metais tóxicos e compostos potencialmente tóxicos nos resíduos sólidos descartados em um aterro sanitário e a possível influência destes resíduos na fertilidade do solo. Para tanto, foram coletadas amostras de solo de um aterro sanitário localizado no interior do Estado de São Paulo e como resultado foi observado que, apesar de 8 anos de existência, o solo não apresentou contaminação considerando os parâmetros brasileiros.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização e descrição do aterro sanitário

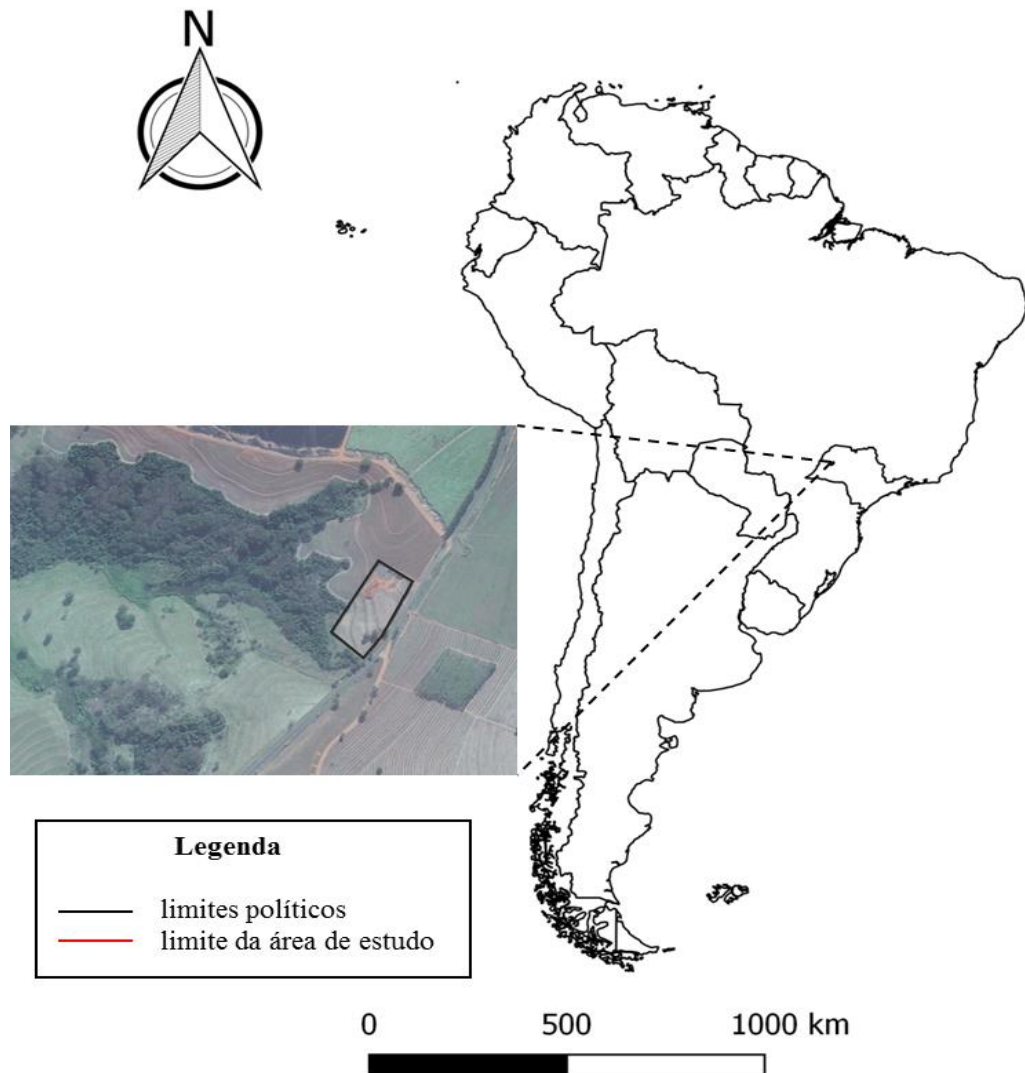
Tendo como base o objetivo do trabalho, foi definido o aterro sanitário objeto de estudo, apresentado na figura 1 e que está localizado em Rubiácea, um município situado na região Noroeste do Estado de São Paulo (latitude 21°18'02"S, longitude 50°43'36"W), aproximadamente 564 km distantes da capital.

Esse município possui uma área de 236,9 km² e aproximadamente 3.000 habitantes, possuindo um grau de urbanização de 59,35% (SEADE, 2017). A economia está baseada em agricultura e comércio.

O aterro analisado está localizado a 4,7 km do município e é classificado como aterro sanitário em valas, possuindo uma área total de 24.200 m². Esse aterro foi construído em 2008 e licenciado para operação a partir de 2009 pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) para 6.000 m² da área do aterro. Em 2015, passou por uma ampliação de licença de operação e houve a liberação do uso da área remanescente.

A coleta convencional dos resíduos sólidos urbanos é realizada três vezes na semana pela prefeitura do município, por meio de caminhão coletor e compactador de lixo. Os resíduos são encaminhados ao aterro sanitário e depositados em valas de 3 m de largura por 15 m de comprimento e 3 m de profundidade, possuindo um volume de 135 m³ e tendo capacidade de receber aproximadamente 67,5 ton de resíduos. A distância entre as valas é de 1,5 m. O aterro recebe 1,1 ton de resíduos por dia, os quais são aterrados com uma camada de da própria escavação da vala, com aproximadamente 0,30 m de espessura, após cada jornada de trabalho.

Figura 1 – Localização do aterro sanitário, SP, Brasil



Fonte: elaborado pela autora..

Neste estudo as valas são denominadas de vala 1 e vala 2. A diferença entre estas valas é a presença de uma lona de proteção na vala 1. Esta lona situa-se na base e nas paredes laterais e é constituída de polietileno de 150 micras de espessura.

3.2 Análises do Solo

Para coletar as amostras de solo foi utilizada uma retroescavadeira, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Abertura para coleta das amostras do solo



Fonte: elaborado pela autora.

Foram coletadas amostras em profundidade de 4 m, logo abaixo dos resíduos que foram depositados nas valas (profundidade de 3 m). Este procedimento foi realizado a fim de estimar a possível contaminação do solo pelos resíduos depositados. As coletas foram realizadas seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (2006), a qual usa técnicas de coletas contínuas através de tubo inserido no solo manualmente (trado) ou por meio de equipamentos hidráulicos. As amostras coletadas foram armazenadas em sacos plásticos transparentes em ambiente apropriado. Destas amostras foram separadas porções de aproximadamente 400 gramas para realização das análises.

Foi realizada, também, uma coleta sistêmica de solo natural da área do entorno do aterro, para verificação das características químicas do solo em região livre de resíduos. Esta amostra foi retirada de uma área de mata ciliar localizada a 100 m da área do aterro sanitário (latitude 21° 20' 39" S e longitude 50°44'45"W).

O preparo das amostras de solo para análise de Cd, Pb, Ni, As e Hg foi realizado de acordo com o método EPA 3051A (EPA, 2007). Esse método consiste em: secagem em estufa até obtenção de massa constante; moagem da fração seca até a pulverização e digestão (adição de 3,0 mL de HNO₃ e 2,0 mL de HCl em 0,5 g de amostra, aquecimento por microondas). Após o ciclo no digestor de microondas, o extrato obtido é avolumado a 50 mL e filtrado, obtendo-se a amostra a ser analisada. Para a análise de Cd, Pb, Ni e As foi utilizado

o método de Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), de acordo com o proposto pelo EPA 6010C (EPA, 2000). Para a análise de Hg utilizou-se um Espectrômetro de Fluorescência Atômica com geração de Vapor Frio (CV AFS), de acordo com o descrito no EPA 245.7 (EPA, 2005).

Para análise dos hidrocarbonetos aromáticos preparou-se a amostra de acordo com o método EPA 5021 (EPA, 2006). Nesse método, a amostra é retirada da câmara fria e colocada em frascos de 22 mL, onde são adicionadas pequenas porções de sulfato de sódio anidro. Após, retira-se 10 g da amostra e adiciona-se, o padrão interno e 10 mL de água. O frasco é lacrado e a amostra é mantida refrigerada até o momento da análise via *headspace* usando um o sistema de Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/MS), de acordo com o método EPA 8260C (EPA, 2006).

Para analisar os resultados obtidos foram usados os parâmetros descritos pela Resolução nº420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2009).

A fim de avaliar a fertilidade do solo retirado do aterro, foram realizadas as análises químicas: pH, capacidade de troca de cátions (CTC), bases trocáveis (SB), saturação por bases(V%), presença de matéria orgânica (MO), macronutrientes e micronutrientes, seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

3.3 Análise Estatística

Para avaliar se as diferenças encontradas são significantes ou não, visto que vários parâmetros analisados apresentaram diferenças, adotou-se o software SPSS 22.0 para o teste de aderência à distribuição normal de Shapiro-Wilk (para amostras com até 30 casos) e teste de avaliação de hipótese (HAIR et al., 2005). Para esta análise foram consideradas apenas as amostras de 4 metros de profundidade de cada uma das valas e a amostra de solo retirada de uma área de floresta no entorno do aterro, que será tratada como “solo virgem da mata”.

O propósito dos testes foi avaliar se as diferenças existente nos resultados da análise química de macro e micronutrientes e da análise de metais pesados frente ao solo virgem retirado de uma mata localizada a 200 metros do aterro, podem ser considerada significativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises de metais e de compostos aromáticos

Para a análise dos metais potencialmente tóxicos e compostos aromáticos em amostras de solo do aterro sanitário foram considerados os valores da Resolução CONAMA 420/2009. Como descrito, as amostras analisadas foram coletadas no interior do aterro (4 metros de profundidade) nas diferentes valas e também no entorno do aterro (solo virgem da mata). Os resultados das análises estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Quantificação de metais potencialmente tóxicos e de compostos aromáticos (BTEX) em amostras de solo

Local	Porcentagem de Sólidos	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	o-Xileno	m,p-Xilenos	Cd	Pb	Ni	As	Hg
	% p/p	mg/kg									
Solo da Mata	92,1	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0054	< 0,011	< 0,1	5,34	3	< 1	< 0,05
Vala 1 (4 m)	92,1	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0054	< 0,011	< 0,1	6,79	2,17	< 1	0,0754
Vala 2 (4 m)	89,8	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0054	< 0,0054	< 0,011	< 0,1	7,4	2,22	< 1	0,082

Fonte: elaborado pela autora.

A tabela 1 demonstra que a presença de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, o-Xileno e m,p-Xilenos em todas as amostras analisadas pode não existir ou estar abaixo do nível de detecção do aparelho que foi utilizado para analisar as amostras, conseqüentemente, pode-se sugerir que, até o momento, não há contaminação do solo por derivados de petróleo e solventes de indústrias químicas.

A concentração de As e Cd nas amostras analisadas, foi inferior ao limite de quantificação do aparelho, que é de 1 mg/kg e 0,1 mg/kg, respectivamente. As concentrações encontradas de Pb e Ni variaram pouco entre as amostras, mesmo assim, ficaram dentro dos VP (valor de prevenção) que são de 72 mg/kg e 30 mg/kg, respectivamente, propostos pelo CONAMA 420/2009 e não apresentando, portanto, contaminação do solo nestas condições.

Para o Chumbo (Pb), as diferenças encontradas demonstram que existem resíduos que estão sendo depositados com a presença deste metal. Considerando que, em algumas visitas presenciais ao aterro foi possível identificar a presença de resíduos de pintura

imobiliária, sendo possível dizer que o chumbo presente no solo do aterro, pode ser proveniente de tintas da categoria esmalte sintético e verniz.

No caso do Hg, as amostras da vala 1 (4 m) e vala 2 (4 m), foram encontrados 0,0754 mg/kg e 0,082 mg/kg e que não demonstra uma influência significativa na utilização da lona de proteção que deveria cumprir a função de retenção de possíveis elementos químicos contaminantes. Nas duas amostras, as concentrações de Hg encontram-se também abaixo de VP proposto pela Resolução CONAMA 420/2009, que é de 0,5 mg/kg. Já na amostra do solo virgem da mata a concentração de Hg não foi detectada, por ser inferior ao limite de quantificação para detecção do equipamento utilizado para a análise.

Tabela 2- Limites máximos permitidos de elementos potencialmente tóxicos em solos em diferentes países (mg/Kg).

Local	Cd	Pb	Ni	As	Hg
----- mg/kg -----					
Vala 1 (4 m)	< 0,1	6,79	2,17	< 1	0,0754
Vala 2 (4 m)	< 0,1	7,4	2,22	< 1	0,082
Bulgária	0,40	26,00	46,00	10,00	0,03
Alemanha	1,00	70,00	50,00	50,00	0,50
Austrália	3,00	300,00	60,00	20,00	1,00
África do Sul	7,50	20,00	91,00	5,80	0,93
Canadá	3,00	200,00	100,00	20,00	0,80
China	0,50	80,00	50,00	30,00	0,70
Estados Unidos	0,48	200,00	72,00	0,11	1,00
Holanda	13,00	530,00	100,00	76,00	36,00
Nova Zelândia	3,00	160,00	-	17,00	200,00
Reino Unido	10,00	450,00	130,00	32,00	10,00
Tanzânia	1,00	200,00	100,00	1,00	2,00
Brasil	1,30	72,00	30,00	15,00	0,50

Fonte: adaptado Kamunda et al. (2016) ; He et al. (2015); Conama (2009).

Ainda assim, em comparação com os limites permitidos em outros países, os teores de Cd, As, Ni, Pb encontrados no solo das amostras foram inferiores aos limites máximos, porém, o elemento Hg quando analisado por parâmetros da Bulgária, estaria acima do limite máximo permitido em solo que é de 0,03mg/kg, conforme apresentado na tabela 2 .

No Brasil, vários estudos vêm mostrando a preocupação ambiental em relação à presença dos diversos elementos potencialmente tóxicos nos solos de aterros sanitários. Barros et al. (2015) realizaram análises de solos em um aterro sanitário da cidade de

Hidrolândia (GO) e obtiveram concentrações muito baixas dos elementos: Ni (0,284 µg/L), Hg (< 0,0002 mg/L), Cd (< 0,001 µg/L) e Pb (0,508 µg/L), concluindo que, neste caso, pode estar relacionado ao pequeno tempo de atividade no aterro sanitário, cerca de dois anos.

Por outro lado, Alcântara et al. (2011) analisaram a presença de metais potencialmente tóxicos na área ativa da disposição final (lixão) da cidade de Cáceres (MT). Nas amostras de solos as concentrações de As (0,08 mg/kg), Cr (9,02 mg/kg), Ni (1,62 mg/kg) e Pb (5,76 mg/kg) apresentaram resultados abaixo do limite de referência do CONAMA 420/2009 e não foi identificada a presença de Cd, embora o lixão receba cerca de 39 ton/dia de resíduos e já possua uma atividade operacional de cerca de 10 anos.

Oliveira et al. (2016) verificaram na área de disposição de resíduos da cidade Humaitá (AM) que recebe cerca de 11 ton de lixo ao dia, que os teores de metais potencialmente tóxicos estavam dentro dos limites estabelecidos, sendo que esta área vem sendo utilizada para depósito de resíduos há 20 anos. Com base nos casos apresentados por Barros et al. (2015), Alcântara et al. (2011) e Oliveira et al. (2016) é possível afirmar que não é somente o tempo o um fator determinante para que o solo do aterro apresente contaminação ou não, mas sim, outros fatores como o tipo de resíduo depositado.

4.2 Análise de nutrientes

Quanto à fertilidade do solo, foram analisados os macro e micronutrientes. Partindo de que o intervalo de pH ideal para o crescimento das plantas situa-se entre 6,0 a 6,5 (SHEORAN et al., 2010), os valores apresentados na tabela 3 demonstram que o pH é baixo nas amostras de solo da vala 1 – 4 metros, vala 2 – 4 metros e solo da mata, com os valores de 4,1 5,4 e 4,5 CaCl₂, respectivamente.

Esta característica tem correlações com os diversos macronutrientes presentes no solo e que estão apresentados na tabela 3. O pH do solo está relacionado a acidez potencial (H+Al), quanto maior a acidez potencial, mais prótons estão disponíveis e mais ácido será o solo.

Tabela 3 - Resultados da análise de macronutrientes no solo

Amostra(s)	pH	MO	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	-----mmol/dm ³ -----								mg/dm ³
Solo da Mata	4,5	12	8	1	25	1,6	15	8	25	50	50	1
Vala 1 – 4 metros	4,1	2	2	5	20	0,7	6	4	10	30	34	38
Vala 2 – 4 metros	5,4	3	2	0	9	2,6	4	1	8	17	45	17

Fonte: elaborado pela autora.

De maneira geral, é possível observar que para se utilizar o solo da área em questão é necessária uma adequação (correção) de macronutrientes para se atender as necessidades de cultivo. Sendo assim, observa-se que a concentração de K no solo aumenta com o aumento do pH. De acordo com Raij et al. (1996), a concentração média ideal deste nutriente situa-se entre 1,6 e 3,0 mmol/dm³. O pH ácido exerce grande influência na disponibilidade de K no solo visto que sua presença diminui com a acidez do solo. Foram obtidas baixas concentrações de P nas amostras vala 1 – 4 metros e vala 2 – 4 metros, o que pode ser justificada pela baixa presença de matéria orgânica (MO) no solo. Os teores de Ca obtidos nas duas valas estão dentro do intervalo de referência para classificação média (4 a 7 mmol/dm³).

Na amostra da mata a concentração de Ca encontra-se em classe de teores altos com 15 mmol/dm³. Em relação ao Mg, observa-se maiores teores na amostra da mata com 8 mmol/dm³ e na amostra da vala 1 (4 mmol/dm³) em relação a vala 2 (1 mmol/dm³) que, por não ter a proteção da lona, pode estar perdendo este nutriente por questão dos resíduos. A presença de maior concentração de Ca e Mg na amostra da mata pode ser justificada pela maior CTC (EMBRAPA, 2010), que é a capacidade de liberação dos nutrientes com o intuito de promover a manutenção da fertilidade do solo por um período, a fim de reduzir a ocorrência de efeitos tóxicos da introdução de fertilizantes (RONQUIM, 2010).

Na amostra de solo da mata observa-se maior índice CTC (50 mmol/dm³), seguido de 30 mmol/dm³ na amostra da vala 1 e 17 mmol/dm³ na amostra da vala 2 o que evidencia também a maior bases trocáveis (SB) no solo da amostra da mata.

Com os valores de CTC e SB das amostras, foi possível calcular a V% que é considerado um dos melhores indicativos para se determinar a fertilidade do solo (RONQUIM, 2010). Segundo o autor, valores de V% < 50% indica que o solo é pouco fértil. Nas amostras da vala 1 e vala 2, os valores foram de 34% e 45%, respectivamente e demonstraram ter uma baixa fertilidade. Contudo, a V% da amostra do solo da mata foi de 50%, indicando que os solos do aterro, pode apresentar potencial de correção para uma utilização futura para cultivos com finalidade não alimentícia.

Por outro lado, analisando somente o parâmetro de V% para comparar a utilização da lona na vala 1 em relação a vala 2, observa-se que o percentual de V% do solo da vala 1 é inferior ao da vala 2, evidenciando a baixa eficiência da lona de proteção e torna, ambos os solos distróficos (pouco férteis), de acordo com Ronquim (2010).

Quanto as causas para esta caracterização, no caso da vala 1, a lona pode não ter sido instalada de maneira adequada ou a sua utilização efetivamente não reflete o efeito esperado de retenção dos materiais contaminantes. Já na amostra do solo da mata constatou-se um melhor índice de V%, que segundo Ronquim (2010) é um solo classificado como eutrófico (solo fértil), já que neste solo não houve recebimento de resíduos sólidos urbanos bem como a ação do homem em atividades agrícolas.

Uma justificativa para os valores encontrados no índice de saturação de bases (V%) baixo em solo pouco fértil é a pequenas quantidades de cátions, (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+}), saturando as cargas negativas e sendo neutralizadas por H^{+} e Al^{3+} (RONQUIM, 2010). Esta condição é encontrada na amostra da vala 1, que apresenta estes cátions sendo neutralizadas por H^{+}Al , o que justificaria a concentração apresentada na tabela 3.

De fato, em condições de V% baixo e de pH abaixo de 4,5 pode-se encontrar Al com teores tóxico às plantas (RONQUIM, 2010), justificando a alta concentração de alumínio de 5 mmol/dm^3 e pH 4,1, encontrada na amostra da vala 1.

Quanto às concentrações de S foram relativamente elevadas nas amostras das valas: 38 mg/dm^3 na amostra da vala 1 e 17 mg/dm^3 na amostra da vala 2. Já na amostra da mata a concentração de S foi de 1 mg/dm^3 . As altas concentrações de S constatadas nas amostras da vala 1 e vala 2, podem estar relacionadas com a decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos depositados nas valas.

Quanto a análise de micronutrientes no solo das valas 1 e 2 e do solo da mata, estão apresentadas na tabela 4. Conforme Raij et al. (1996) as concentrações obtidas para o B nas três amostras estão nas classes de teores baixos ($0,0$ a $0,20 \text{ mg/dm}^3$) e as concentrações obtidas para o Cu estão classificadas como altos (acima de $0,8 \text{ mg/dm}^3$).

Nestas condições, para a utilização do solo, o mesmo necessita de correção, pois, concentrações mais elevadas de Cu podem ser tóxicos às plantas, animais e aos seres humanos (MANTOVANI, 2009). Ainda de acordo com o autor, o excesso de cobre na camada superficial do solo é um fator que limita o desenvolvimento de espécies cultivadas para recobrimento do solo, pois ele aumenta a incidência da erosão, ocasionando a redução de teores de MO, nutrientes do solo e pode promover a contaminação das águas.

Tabela 4 - Resultados da análise de micronutrientes no solo sob o aterro sanitário

Amostra(s)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg/dm ³ -----				
Solo da Mata	0,13	1,0	23,3	3,9	0,2
Vala 1 – 4 metros	0,17	1,1	5,0	1,7	0,1
Vala 2 – 4 metros	0,09	1,1	4,0	1,4	0,0

Fonte: elaborado pela autora.

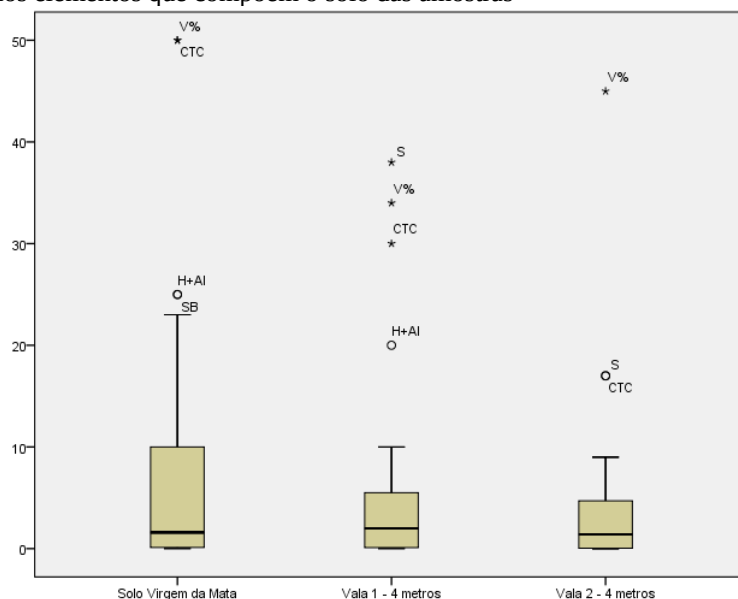
Para as concentrações de Fe obtidas na amostra da vala 1 e da vala 2 foram baixas e próximas comparando com a amostra da mata, onde a concentração de Fe foi de 23,3 mg/dm³ e esta classificada na classe de teores altos de Fe descrito por Raij et al. (1996). O Fe é um micronutriente importante para a manutenção das plantas, sendo responsável por diversas atividades metabólicas, contribuindo para formação de enzimas, nos processos de respiração, fotossíntese e na fixação de nitrogênio (ALEXANDRE et al., 2012).

Os resultados para o Mn também foram próximos nas três amostras de solo, sendo classificados como médio em relação à disponibilidade deste elemento. Não foram obtidas quantidades significativas de Zn nas três amostras estudadas.

4.3 Análise estatística

Inicialmente, foi realizada uma análise estatística dos resultados das análises realizadas do solo para verificar se as diferenças encontradas são significantes ou não, visto que vários parâmetros analisados apresentaram diferenças importantes. Para esta análise foram consideradas as amostras de 4 metros de profundidade das valas 1 e 2 e a amostra retirada de uma área de floresta próxima ao aterro, que será tratado aqui como “solo virgem da mata”.

Em um primeiro momento, foi testada a normalidade dos dados, onde foi possível inferir que os dados não são aderentes à normalidade, pois nos três casos o $p \leq 0,05$, indicando que a hipótese nula do teste (H_0 : Não há diferenças entre as os dados observados e a distribuição normal) deve ser rejeitada e, assim, a opção mais adequada para o teste de hipótese será um teste de natureza não-paramétrica. Neste caso, o teste de Kruskal-Wallis se ajustar muito bem quando as amostras são pequenas (< 30 casos) e apresentar um nível de mensuração ordinal (Hair et al., 2005).

Figura 3 – Boxplot dos elementos que compõem o solo das amostras

Fonte: elaborado pela autora.

Ao realizar o teste, o resultado demonstrou que a hipótese não existem diferenças entre os componentes químicos presentes nas três amostras de solo analisadas (solo virgem da mata, vala 1 – 4 metros e vala 2 – 4 metros), pois as médias dos componentes químicos presentes em todas as amostras analisadas são semelhantes com nível de significância de 0,454 ou 45,5% ($p \leq 0,05$). Mesmo assim, ao analisar os dados por meio de um gráfico boxplot (Figura 3), pode-se observar que as médias realmente são semelhantes, contudo, existem componentes que sofreram alterações significantes e que devem ser observados.

Pode-se observar que a proteção com lona presente na vala 1, fez com que o solo sofresse menor alteração quando comparado com o solo virgem da mata.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi constatado neste estudo que os teores de elementos potencialmente tóxicos As, Cd, Ni, Pb e Hg no solo do aterro sanitário encontram-se abaixo dos limites de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA420/2009 bem como comparados aos índices de diferentes países, com exceção do Hg para a Bulgária. Quanto os hidrocarbonetos aromáticos (BTEX), estes não foram detectados no solo desse aterro.

A partir dos resultados obtidos nas análises químicas do solo, pode-se concluir que o solo da área de utilização o aterro sanitário (amostra da vala 1 e 2) apresentaram

resultados inferiores em relação àqueles observados na amostra da mata, para a presença de macronutriente. Quanto aos micronutrientes, a concentração teve pouca variação, exceto ao elemento Fe, na qual houve uma concentração mais elevada deste elemento na amostra do solo da mata. De maneira geral e conforme esperado, os melhores índices foram encontrados na amostra de solo da mata na qual não recebeu resíduos sólidos urbanos bem como a ação do homem com atividades agrícolas.

Pelos resultados apresentados, pode-se inferir que o descarte dos resíduos sólidos provenientes das atividades domésticas do município ocasiona o empobrecimento do solo que, associados à acidez e aos baixos teores de matéria orgânica, prejudicam a disponibilidades de alguns nutrientes, contribuindo para maiores concentrações de elementos tóxicos, tais como o alumínio (Al).

Apesar das sucessivas disposições de resíduos sólidos urbanos neste solo, a área encontra-se em condições de utilização com vistas ao potencial de utilização do solo para uso pós-encerramento, já que não houve até o momento, a contaminação por elementos potencialmente tóxicos e hidrocarbonetos. Os índices encontrados estão abaixo aos valores de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA420/2009.

Portanto, ações constantes de monitoramento do solo do aterro sanitário, tornam-se primordiais, ao longo da vida útil do aterro, que neste caso foi projetado para mais de 20 anos de operação, visto que, as atividades do aterro sanitário, iniciaram-se em 2009 e tem apenas 8 anos de utilização para disposição dos resíduos sólidos urbanos até o momento.

Também é importante a adoção de boas práticas de manejo no sistema de disposição final dos resíduos sólidos a fim de promover a conservação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, visando o pós-encerramento do aterro para a adoção de nova utilização da área e para tanto, é importante melhora-lo químico, físico e biologicamente a fim de criar condições favoráveis para o reestabelecimento de sua produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Publica e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2015. Disponível em : < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 15.dez.2016.
- ADAMCOVÁ, D., VAVERKOVÁ, M. D., BARTON, S., HAVLÍČEK, Z., BROUSKOVÁ, E. Soil contamination in landfills: a case study of a landfill in Czech Republic. **Solid Earth**, v. 7, n. 1, p. 239-247, 2016.
- ALCÂNTARA, A.J.O.; PIERANGELI, M.A.P.; SOUZA, C.A.; SOUZA, J.B. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão

no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, v.41, n.3, p.539-548, 2011.

ALEXANDRE, J. R.; Oliveira, M. L.; Santos, T.; Canton, G. C.; Conceição, J.; Eutrópio, F. J.; Ramos, A. C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza on line** p. 10-23, 2012. Disponível em:<
https://www.researchgate.net/profile/Frederico_Eutropio/publication/259803082_Zinco_e_ferro_de_micronutrientes_a_contaminantes_do_solo/links/0a85e52df305d6fcca000000/Zinco-e-ferro-de-micronutrientes-a-contaminantes-do-solo.pdf> Acesso em: 13.Abr.2016.

ALVES, L. R ; DOS REIS, A. R ; GRATÃO, P. L. Heavy metals in agricultural soils: From plants to our daily life. **Científica (Jaboticabal. Print)**, v. 44, p. 346-361, 2016.

ARKOC, O. Municipal solid waste landfill site selection using geographical information systems: a case study from Çorlu, Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 7, n. 11, p. 4975-4985, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15849: Resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte: diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BARBOSA, R. P, IBRAIN, F. I. D. **Resíduos Sólidos: impactos, manejo e gestão ambiental**. São Paulo: Érica, 2014.

BARROS, R. G.; DIAS, P. P.; ARAÚJO, V. K. A. Investigação de passivo ambiental na área do aterro controlado de Hidrolândia, GO. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, n. 3, p. 73-82, 2015.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CEMPRE; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixo municipal - manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Decisão de Diretoria Nº 256/2016/E. Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016” e dá outras providências. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/12/DD-256-2016-E-Valores-Orientadores-Dioxinas-e-Furanos-2016-Intranet.pdf>> Acesso em: 02. Jan.2017

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório de 2015**. Disponível em: <
<http://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/inventario-RSD-2015.pdf>> Acesso em:07.abr.2016.

CHENG, H; HU, Y. Mercury in municipal solid waste in China and its control: a review. **Environmental science & technology**, v. 46, n. 2, p. 593-605, 2011.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 10. ed. São Paulo: Bookman, 2011.

COSTA, B.S.; RIBEIRO, J C. J. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.

DHOKHIKAH, Y.; TRIHADININGRUM, Y. Solid waste management in Asian developing countries: challenges and opportunities. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, v. 2, n. 7, p. 329-335, 2012.

DIAS, L. S.; MARQUES, M. D.; Dias, L. S.. Lixão: Tem Solução? **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 5, 2013.

DURMUSOGLU, E.; TASPINAR, F.; KARADEMIR, A. Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment. **Journal of hazardous materials**, v. 176, n. 1, p. 870-877, 2010

EL-NAAS, M. H.; ACIO, J. A.; EL TELIB, A. E. Aerobic biodegradation of BTEX: progresses and prospects. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 2, n. 2, p. 1104-1122, 2014.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. Disponível em :

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf> . Acesso em : 20.jan.2016.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Brasília: EMBRAPA, 2006.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2000). **Method 6010C. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry**. Disponível em:< <https://www.epa.gov/homeland-security-research/epa-method-6010c-sw-846-inductively-coupled-plasma-atomic-emission>> . Acesso em: 25 ago. 2017.

EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2005. **Method 245.7 Mercury in Water by Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry. Revision 2**. Disponível em : <<https://www.epa.gov/measurements/collection-methods>>. Acesso em :05.ago.2017

EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2006. **Method 8260C (SW-846): Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS), Revision 3**.Disponível em :<<https://www.epa.gov/homeland-security-research/epa-method-8260c-sw-846-volatile-organic-compounds-gas-chromatography>>. Acesso em: 05 ago.2017.

EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2007. **Method 3051A: Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils, part of Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods** . Disponível em : <<https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-3051a-microwave-assisted-acid-digestion-sediments-sludges-soils-and-oils>> . Acesso em: 05 ago.2017

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005.

FENG, X., TANG, S., LI, Z., WANG, S., LIANG, L. Landfill is an important atmospheric mercury emission source. **Chinese Science Bulletin**, v. 49, n. 19, p. 2068-2072, 2004

GHANBARI, F., SHAREE, F. A., MONAVARI, M., ZAREDAR, N. A new method for environmental site assessment of urban solid waste landfills. **Environmental monitoring and assessment**, v. 184, n. 3, p. 1221-1230, 2012.

GIDARAKOS, E.; HAVAS, G.; NTZAMILIS, P. Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. **Waste management**, v. 26, n. 6, p. 668-679, 2006.

GOMÉZ, G., MENESES, M., BALLINAS, L., CASTELLS, F. Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. **Waste Management**, v. 29, n. 7, p. 2018-2024, 2009.

HAIR, J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H. e SAMOEL, P. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HE, Z.; SHENTU, J.; YAN, X.; Baligar, V.C.; Zhang, T.; Stoffella, P.J. Heavy metal contamination of soils: Sources, indicators, and assessment. **J. Environ. Indic.**, n. 9, p. 17–18, 2015.

JACOBI, P. R.; GINA RIZPAH BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, 2011

KAMUNDA, C.; MATHUTHU, M.; MADHUKU, M. Health risk assessment of heavy metals in soils from Witwatersrand gold mining basin, South Africa. **International journal of environmental research and public health**, v. 13, n. 7, p. 663, 2016.

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agronômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007

KHAJURIA, A.; YAMAMOTO, Y.; MORIOKA, T. Estimation of municipal solid waste generation and landfill area in Asian developing countries. **Journal of Environmental Biology**, n.31 v5,p. 649-654 2010.

KHERADMAND, S.; KARIMI-JASHNI, A.; SARTAJ, M. Treatment of municipal landfill leachate using a combined anaerobic digester and activated sludge system. **Waste Management**, v. 30, n. 6, p. 1025-1031, 2010.

KOLLIKATHARA, N.; FENG, H.; YU, D. A system dynamic modeling approach for evaluating municipal solid waste generation, landfill capacity and related cost management issues. **Waste management**, v. 30, n. 11, p. 2194-2203, 2010.

KORF, E. P.; MELO, E. F. R. Q.; THOMÉ, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Retenção de metais em solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo–RS. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.2, n.2, p. 43-60, 2008.

LI, P., FENG, X. B., QIU, G. L., SHANG, L. H., LI, Z. G..Mercury pollution in Asia: a review of the contaminated sites. **Journal of hazardous materials**, v. 168, n. 2, p. 591-601, 2009.

LI, W. C.; TSE, H. F. Health risk and significance of mercury in the environment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 192-201, 2015.

LI, Z. G., FENG, X., LI, P., LIANG, L., TANG, S. L., WANG, S. F., SHANG, L. H. Emissions of air-borne mercury from five municipal solid waste landfills in Guiyang and Wuhan, China. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 10, n. 7, p. 3353-3364, 2010.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: Tratamento e Biorremediação**. 3. Ed. São Paulo: Editora Hemus, 2004.

MANTOVANI, A. **Composição química de solos contaminados por cobre: formas, sorção e efeito no desenvolvimento de espécies vegetais**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 178f. Tese (Doutorado)- Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino do petróleo**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001. 289f. Dissertação (Mestrado em ciências e planejamento energético) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MEDEIROS, G. A.; REIS, F. A. G. V.; COSTA, F. B. DA CUNHA BENAGLIA, G., SCOLARI, M. C., FIORINI, P. A., PASSONI, V. Diagnóstico do lixo do município de Vargem Grande do Sul, no Estado de São Paulo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, SP, v.5, n.3, p. 1-16, 2008a.

MEDEIROS, G. A.; REIS, F. A. G. V.; SIMONETTI, F. D., BATISTA, G., MONTEIRO, T., CAMARGO, V., RIBEIRO, L. F. M. Diagnóstico da qualidade da água e do solo no lixo de Engenheiro Coelho, no estado de São Paulo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal – SP, v. 5, n. 2, p. 169-186, 2008b.

MIGUEL, P. S. B., GOMES, F. T., DA ROCHA, W. S. D., DE CARVALHO, C. A., DE OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, Juiz de Fora, 2010.

MOOLLA, R., VASAMAKIS, S. K., CURTIS, C. J., PIKETH, S. J. Occupational health risk assessment of benzene and toluene at a landfill site in Johannesburg, South Africa. **WIT Transactions on The Built Environment**, v. 134, p. 701-712, 2013.

MONDAL, M. K., DASGUPTA, B. V. EIA of municipal solid waste disposal site in Varanasi using RIAM analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 9, p. 541-546, 2010.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Secretaria Especial do Desenvolvimento Urbano da Presidência da República. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: < <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf> >. Acesso em: 13 mar. 2017.

OLIVEIRA, B. O. S. D., TUCCI, C. A. F., JUNIOR, A. F. N., SANTOS, A. A. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. **Eng. sanit. ambient**, v. 21, n. 3, p. 593-601, 2016.

PAIXÃO, J. F., NASCIMENTO, I. A., PEREIRA, S. A., LEITE, M. B. L., CARVALHO, G. C. D., SILVEIRA JR, J. S. C., RODRIGUES, I. L. P. Estimating the gasoline components and formulations toxicity to microalgae(*Tetraselmis chuii*) and oyster (*Crassostrea rhizophorae*) embryos: an approach to minimize environmental pollution risk. **Environmental Research**, v. 103, n. 3, p. 365–374, 2007.

PANAGOS, P., VAN LIEDEKERKE, M., YIGINI, Y., MONTANARELLA, L. Contaminated sites in Europe: review of the current situation based on data collected through a European network. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 2013, 2013.

PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J. Heavy metals, salts and organic residues in old solid urban waste landfills and surface waters in their discharge areas: Determinants for restoring their impact. **Journal of environmental management**, v. 95, p. S42-S49, 2012.

PHELPS, C. D.; YOUNG, L. Y. Anaerobic biodegradation of BTEX and gasoline in various aquatic sediments. **Biodegradation**, v. 10, n. 1, p. 15-25, 1999.

PHILIPPI JR., A.; OLIVEIRA E AGUIAR, A. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. In: PHILIPPI JR., Arlindo. Saneamento, Saúde e Ambiente: **Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. Barueri: Editora Manole Ltda., 2008.

RAMOS, S. P. A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a meta de implantação de aterros sanitários no Brasil. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XVII, n. 121, fev2014. Disponível em: < http://ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=14280&revista_caderno=5 >. Acesso em: 18.out 2016.

RODRIGUES, A. M. **Produção e consumo do e no espaço**: problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998.

RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais** /— Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SÃO PAULO, Secretaria do meio Ambiente. **Resíduos Sólidos**. São Paulo: SMA ,2013. Cadernos de Educação Ambiental.

SHEORAN, V.; SHEORAN, A. S.; POONIA, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: a review. **International Journal of Soil, Sediment and Water**, v. 3, n. 2, p. 13, 2010.

TAMARINDO, U. G. F.; FORTI, J. C. Água e seus Instrumentos Legais de Proteção. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 1, p. 39-52, 2015;

TCHOUNWOU, P. B.; YEDJOU, C. G.; PATLOLLA, A. K.; SUTTON, D. J. Heavy metal toxicity and the environment. Disponível em : < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4144270/> >. Acesso em : 12.ago.2016.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim técnico**, Campinas, n. 100, 1996.

VISVANTHAN, C.; YIN, N. H.; KARTHIKEYAN, O. P. Co-disposal of electronic waste with municipal solid waste in bioreactor landfills. **Waste management**, v. 30, n. 12, p. 2608-2614, 2010.

WANG, J., FENG, X., ANDERSON, C. W., XING, Y., SHANG, L. Remediation of mercury contaminated sites—a review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 221, p. 1-18, 2012.

ZHENG, L., SONG, J., LI, C., GAO, Y., GENG, P., QU, B., LIN, L. .. Preferential policies promote municipal solid waste (MSW) to energy in China: Current status and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 36, p. 135-148, 2014.

ZHU, W., LI, Z., CHAI, X., HAO, Y., LIN, C. J., SOMMAR, J., FENG, X... Emission characteristics and air–surface exchange of gaseous mercury at the largest active landfill in Asia. **Atmospheric environment**, v. 79, p. 188-197, 2013

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelas análises realizadas, foi constatado que o aterro sanitário em estudo não apresenta resultados satisfatórios nos aspectos de gerenciamento das operações visto que o índice de avaliação de qualidade de resíduos estabelecidos pela CETESB foi considerado “inadequado” com nota 6.1.

Nos aspectos de composição física dos resíduos depositados no aterro sanitário, foi observado que existem grandes desperdícios nas frações de materiais com potencialidades para a reciclagem. Diante deste potencial, há uma grande necessidade de promover ações de gerenciamento no sentido de conscientizar a população a respeito dos desperdícios e propor estratégias para implantação da coleta seletiva para que, pelo menos, os resíduos com potencial de reciclagem possam gerar outra atividade econômica e permitir que estes produtos possam voltar à cadeia produtiva.

A partir da iniciativa de reciclar o plástico, o papel/papelão, os vidro e os metais, alguns benefícios ambientais e sociais são agregados de maneira natural ao processo, como por exemplo, o aumento na vida útil do aterro, a proteção ambiental e a geração de novas fontes de emprego e renda por meio da cadeia reversa dos produtos recicláveis.

Nos estudos de poluição ambiental do solo, foi constatado que os teores de elementos potencialmente tóxicos As, Cd, Ni, Pb e Hg no solo do aterro sanitário encontram-se abaixo dos limites de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA420/2009 bem como comparados aos índices de diferentes países, com exceção do Hg para a Bulgária. Quanto os hidrocarbonetos aromáticos (BTEX), estes não foram detectados no solo desse aterro.

Apesar das sucessivas disposições de resíduos sólidos urbanos neste solo, a área encontra-se em condições de utilização com vistas ao potencial de utilização do solo para uso pós-encerramento, já que não houve até o momento, a contaminação por elementos potencialmente tóxicos e hidrocarbonetos.

REFERÊNCIAS

ARKOC, O. Municipal solid waste landfill site selection using geographical information systems: a case study from Çorlu, Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 7, n. 11, p. 4975-4985, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2015. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 15.dez.2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e Solos**. Rio de Janeiro: ABNT,1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10.007/2004: Amostragem de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/Resíduos/files/2014/04/nbr-10007-amostragem-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>> Acesso em: 01. Nov.2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos: Classificação**. São Paulo: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13896/1997: Aterros de resíduos não perigosos-Critérios para projeto, implantação e operação**. Disponível em: <<ftp://ftp.cefetes.br/cursos/MetalurgiaMateriais/Joseroberto/P%D3S/NORMAS,%20ARTIGOS%20E%20EXERC%C3D3S/nbr13896.pdf>> acesso em 10.out.2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15849/2010. Resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte – diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BARBOSA, R. P., IBRAIM, F. I. D. **Resíduos Sólidos: Impactos, Manejo e Gestão Ambiental**. São Paulo: Êrica, 2014.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL, A. M.; SANTOS, F. **Equilíbrio Ambiental e Resíduos na Sociedade Moderna**. Pesquisa Leyla K. Simão. 3ª Ed. São Paulo;FAARTE Editora, 2007.

BRASIL. Lei n.º 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 20.10.2016

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui A Política Nacional De Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636> . Acesso em: 16 fev. 2016.

CETESB. Decisão de Diretoria Nº 256/2016/E, Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016” e dá outras providências. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/12/DD-256-2016-E-Valores-Orientadores-Dioxinas-e-Furanos-2016-Intranet.pdf>> Acesso em: 02. Jan.2017

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2015**: relatório de 2015. Disponível em: <

<http://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/inventario-RSD-2015.pdf>. Acesso em: 15.out.2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Disponível em:<

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=466>> Acesso em : 03.abril.2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA .Resolução CONAMA 404/2008. Disponível em<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em 05.FEV.2017

COSTA, B. S.; RIBEIRO, J. C. J. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005.

GALINDO, I.C.L.; RIBEIRO, M.R.; SANTOS, M.F.A.V.; LIMA, J.F.W.F. & FERREIRA, R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1283-1296, 2008.

GHANBARI, F., SHAREE, F. A., MONAVARI, M., ZAREDAR, N. A new method for environmental site assessment of urban solid waste landfills. **Environmental monitoring and assessment**, v. 184, n. 3, p. 1221-1230, 2012

GIDARAKOS, E.; HAVAS, G.; NTZAMILIS, P. Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. **Waste management**, v. 26, n. 6, p. 668-679, 2006.

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, v.23, n.39, p.1-12, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: < <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/4784/4975>>. Acesso: 07.out.2016

GOLDENBERG, J. **Procedimentos para Implantação de Aterro Sanitário em Valas**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio ambiente (SMA). 2005 Disponível em: <<http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/Manual%20de%20aterros%20em%20valas%20CETESB.pdf>> acesso em 10.out.2016

GOMÉZ, G., MENESES, M.,BALLINAS, L., CASTELLS, F.Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. **Waste Management**, v. 29, n. 7, p. 2018-2024, 2009.

HAIR, J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H. e SAMOEL, P. **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

JACOBI, P. R.; GINA RIZPAH BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, 2011

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Encarte Técnico, Informações agronômicas 2007.

KHERADMAND, S.; KARIMI-JASHNI, A.; SARTAJ, M. Treatment of municipal landfill leachate using a combined anaerobic digester and activated sludge system. **Waste Management**, v. 30, n. 6, p. 1025-1031, 2010.

- KOLLIKKATHARA, N.; FENG, H.; YU, D. A system dynamic modeling approach for evaluating municipal solid waste generation, landfill capacity and related cost management issues. **Waste management**, v. 30, n. 11, p. 2194-2203, 2010.
- KORF, E. P.; MELO, E. F. R. Q.; THOMÉ, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Retenção de metais em solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo-RS. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.2, n.2, p. 43-60, 2008.
- LIMA, L. M.Q. **Lixo: Tratamento e Biorremediação**. 3. Ed. São Paulo: Editora Hemus, 2004
- MALAVOLTA, E. **A B C da Adubação**. São Paulo: Editora agrônômica Ceres Ltda. 1970.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora agrônômica Ceres Ltda. 1980.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**: micronutrientes e metais pesados – mitos, mistificação e fatos. Piracicaba: Produquímica, 1994.
- MIGUEL, P. S. B., GOMES, F. T., DA ROCHA, W. S. D., DE CARVALHO, C. A., DE OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, Juiz de Fora, 2010.
- MONDAL, M. K., DASGUPTA, B. V. EIA of municipal solid waste disposal site in Varanasi using RIAM analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 9, p. 541-546, 2010.
- MONTEIRO, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Secretaria Especial do Desenvolvimento Urbano da Presidência da República. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: < <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf> >. Acesso em: 13 mar. 2017.
- MORAES, R. P. **Definição de um sistema de gestão de resíduos sólidos domésticos com compostagem para Londrina, Pr**. Santa Barbara D'Oeste: UNIMEP, 2012. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Barbara D'Oeste, 2012.
- PAIXÃO, J. F., NASCIMENTO, I. A., PEREIRA, S. A., LEITE, M. B. L., CARVALHO, G. C. D., SILVEIRA JR, J. S. C., ... RODRIGUES, I. L. P. Estimating the gasoline components and formulations toxicity to microalgae (*Tetraselmis chuii*) and oyster (*Crassostrea rhizophorae*) embryos: an approach to minimize environmental pollution risk. **Environmental Research**, v. 103, n. 3, p. 365–374, 2007
- PHELPS, Craig D.; YOUNG, L. Y. Anaerobic biodegradation of BTEX and gasoline in various aquatic sediments. **Biodegradation**, v. 10, n. 1, p. 15-25, 1999.
- PHILIPPI JR., A.; OLIVEIRA E AGUIAR, A. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. In: PHILIPPI JR., A. Saneamento, Saúde e Ambiente: **Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. Barueri: Editora Manole Ltda., 2008.
- RAMOS, S. P. A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a meta de implantação de aterros sanitários no Brasil. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XVII, n. 121, fev2014. Disponível em: < http://ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=14280&revista_caderno=5 >. Acesso em: 18.out 2016. >. Acesso em: 18.out 2016.

- RODRIGUES, A. M. **Produção e consumo do e no espaço**: problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998.
- RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais** / Carlos Cesar Ronquim. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.
- SÃO PAULO. Secretaria do meio Ambiente. **Resíduos Sólidos** São Paulo: SMA, 2013. Cadernos de Educação Ambiental.
- SÃO PAULO. Secretaria do meio Ambiente. **Consumo Sustentável**. São Paulo: SMA, 2011. Cadernos de Educação Ambiental.
- SÃO PAULO. Secretaria do meio ambiente. RESOLUÇÃO SMA nº 24 /2003. Disponível em < www.ipef.br/legislacao/bdlegislacao/arquivos/17064.rtf > acesso em 15 . Out. 2016
- SOARES, E. L. S. F. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. 150f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- TAMARINDO, U. G. F.; FORTI, J. C. Água e seus Instrumentos Legais de Proteção. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 1, p. 39-52, 2015;
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim técnico**, Campinas, n. 100, 1996.
- VISVANTHAN, C.; YIN, N. H.; KARTHIKEYAN, O. P. Co-disposal of electronic waste with municipal solid waste in bioreactor landfills. **Waste management**, v. 30, n. 12, p. 2608-2614, 2010.