



ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE UM ATERRO SANITÁRIO

P. G. Lima^{*}, G. E. Destro, S. S. Braga Junior, J. C. Forti

UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP, Brasil

Article history: Received 14 September 2018; Received in revised form 16 November 2018; Accepted 07 December 2018; Available online 19 December 2018.

RESUMO

Os resíduos sólidos urbanos apresentam constituintes bastante diversos na sua produção e volume e estão relacionados 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. Tendo 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 isso foi realizado um estudo da composição gravimétrica para conhecer os diversos componentes que constituem os resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário do município objeto de estudo. Os resultados desta análise mostraram que 72,94% dos resíduos depositados no aterro sanitários possuem potencialidades para outras atividades econômicas, tais como compostagem, por apresentar uma grande massa de resíduo orgânico (44,89%), e reciclagem/reaproveitamento. Considerando o potencial econômico da fração de reciclagem, os resultados mostraram que os resíduos que são descartados poderiam gerar uma renda de aproximadamente R\$ 2.700,00 mensais, que para municípios com o mesmo perfil, esta receita estaria contribuindo na renda de ao menos duas famílias que trabalham com a reciclagem de materiais.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Gravimetria; Gerenciamento.

GRAVIMETRIC ANALYSIS OF URBAN SOLID WASTE FROM A SANITARY LANDFILL

ABSTRACT

The urban solid waste presents quite different constituents in its production and volume and is related to specific factors of each region, such as climate, consumption pattern, lifestyle, the degree of urbanization and industrialization. The influence of these factors determines the physical characteristics of the waste produced by a given municipality. This study aimed 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 potentialities present in this solid waste. For this, a study of the gravimetric composition was carried out to know the various components that constitute the urban solid waste deposited in the sanitary landfill of the municipality under study. The results of this analysis showed that 72.94% of the residues deposited in the sanitary landfill have a potential for other economic activities, such as composting, for presenting a large mass of organic waste (44.89%), and

* paulatulipa@hotmail.com

recycling/reuse. Considering the economic potential of the recycling fraction, the results showed that the waste that is discarded could generate an income of approximately R\$ 2,700.00 per month, which for municipalities with the same profile, this income would be contributing to the income of at least two families who work with the recycling of materials.

Keywords: Solid Waste; Gravimetry. Waste 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, HAVAS e NTZAMILIS, 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; FEITOSA et. al, 2017).

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, 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, 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 socioeconômico, sendo que, quanto melhor a classe socioeconômica, 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, RAIMAM e ALBINO, 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, HAVAS e NTZAMILIS, 2005; LIMA, 2004).

Visto este cenário e considerando os diferentes tipos de aterro sanitário, o aterro sanitário do tipo “em valas” pode ser considerado o mais simples para resolver o problema dos lixões e atender cidades de pequeno porte, pois, consiste no acondicionamento dos resíduos coletados em valas abertas no solo e, após este procedimento, é colocada uma camada de terra recobrindo o resíduo ali depositado para que não fique exposto evitando contato deste lixo tanto com pessoas

quanto com animais no aterro sanitário (CETESB, 1997).

Dentro desta condição, de acordo com Lima et. al. (2017), o controle e a gestão dos resíduos para este tipo de aterro sanitário tende a ser mais simples e menos rigoroso e por este motivo, o presente estudo teve como objetivo classificar e quantificar os resíduos sólidos urbanos depositados no aterro sanitário do tipo em valas do município de Rubiácea, Estado de São Paulo, Brasil, por meio da composição gravimétrica ou composição física, com o

METODOLOGIA

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

intuito de analisar os resíduos que ali estão sendo depositados.

Como resultado, foi possível observar que o aterro sanitário recebe um grande volume de resíduos com potencial de reciclagem e que não precisaria ser encaminhado para descarte, de forma que, a implementação de uma coleta seletiva no município, pode contribuir para o aumento da vida útil do aterro e gerar renda para pessoas que atuarem no processo da coleta seletiva, como também foi visto por Vasconcelos, Guimarães e Zaneti (2018).

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.

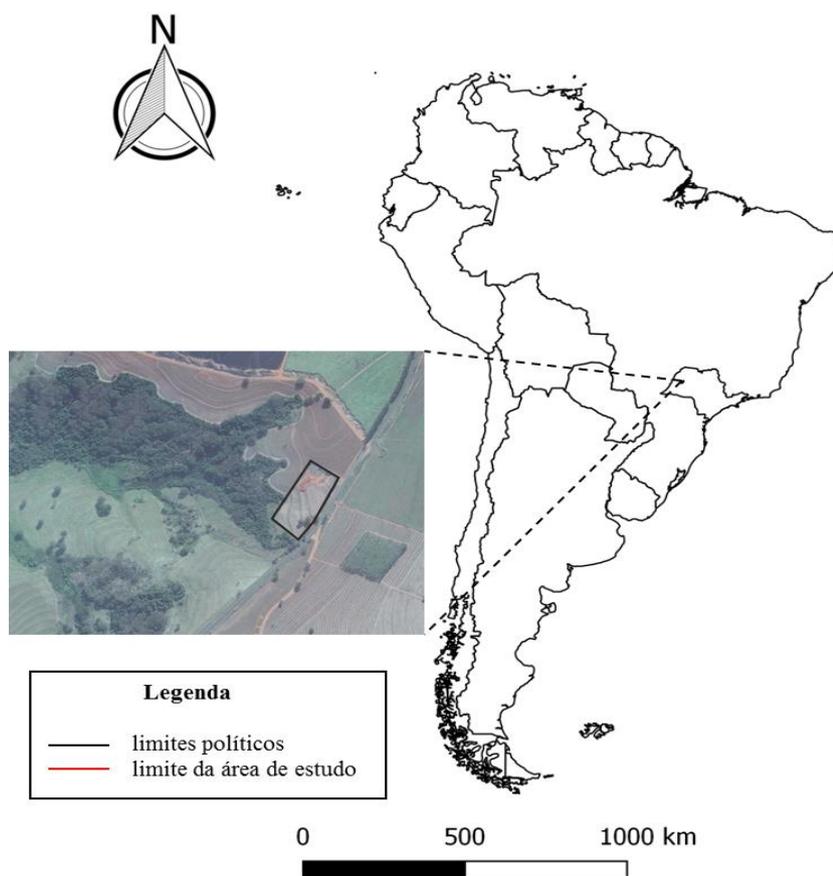


Figura 1: Localização do aterro sanitário, SP, Brasil.

Fonte: elaborado pelos autores

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.

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 quarteramento, que consiste em descartar as duas partes opostas e analisar as duas partes restantes.

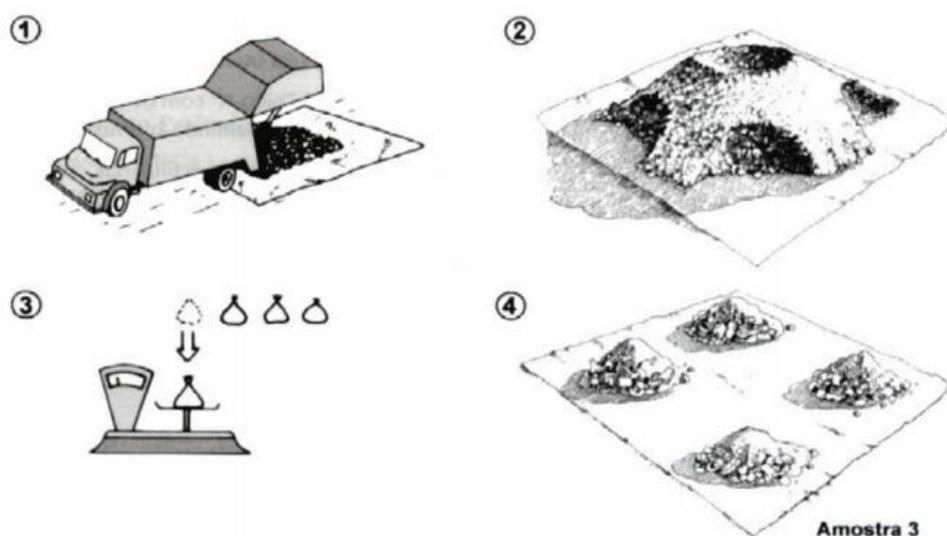


Figura 2: Amostragem para Análise da Composição Física

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: acervo próprio

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.



Figura 4- Processo de Quarteamento

Fonte: acervo próprio

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 réguas 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

Categories	(kg)	Porcentagem (%)
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 pelos autores.

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.

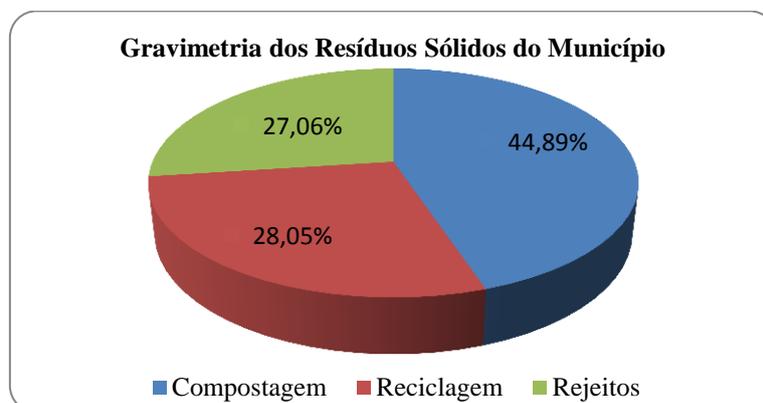


Figura 5. Gravimetria dos Resíduos Sólidos do Município.

Fonte: elaborado pelos autores

Na fração dos resíduos com potencial para reciclagem ou reaproveitamento, mostrados na Tabela 3, 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 pelos autores

A Tabela 4 mostra os dados obtidos no estudo do Plano Diretor de Saneamento do Município - CETEP (2015). Comparando-se as Tabelas 3 e 4, notam-se algumas variações no tipo específico de material reciclável, mas, de forma geral, a conclusão é a mesma, isto é, há 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.

Tabela 4. Composição dos resíduos com potencial para reciclagem/reutilização nos estudo do Plano de Saneamento do Município de Rubiácea em 2015.

Categorias	Kg	%
Plástico Firme	37,27	32,39
Plástico Maleável	21,07	18,31
Vidros	10,13	8,80
Papel/Papelão	35,65	30,99
Metais	10,94	9,51
Total	115,06	100,00

Fonte: CETEP (2015)

De acordo com CEMPRE (2015), 31,90% da composição dos resíduos sólidos urbanos correspondem à fração reciclável.

Isso demonstra que os resultados obtidos neste estudo, de 28,05% de fração reciclável estão próximos aos dados apresentados a nível nacional conforme

Cempre (2015) na figura 6, e que os índices de fração reciclável encontrados no Plano Diretor de Saneamento do Município- CETEP (2015), estão acima da média nacional com 40,17% , que no caso esta variação de um estudo para o outro pode estar relacionado com as épocas do ano e padrão de consumo da população.

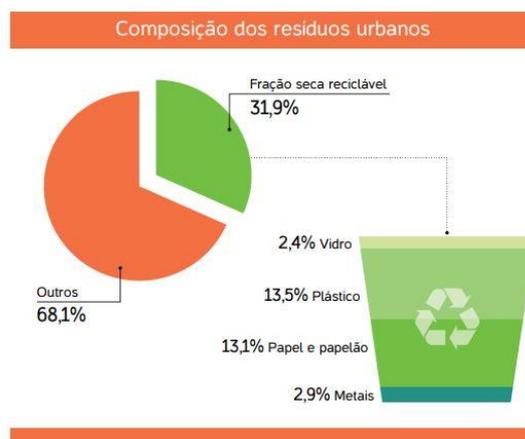


Figura 6: Composição dos Resíduos urbanos fração reciclável média nacional
 Fonte: CEMPRE(2015, p 11)

No caso da fração orgânica, nos estudos do Plano Diretor de Saneamento do Município – CETEP(2015), realizado em janeiro de 2015, o percentual encontrado foi de 39,60%. Já neste estudo realizado em dezembro de 2016, a fração orgânica foi de 44,89%. Realizando

um comparativo com a média nacional de acordo com Abrelpe (2011), conforme figura 7, a fração matéria orgânica apresentaram valores abaixo a média nacional nos dois estudos realizados no município.

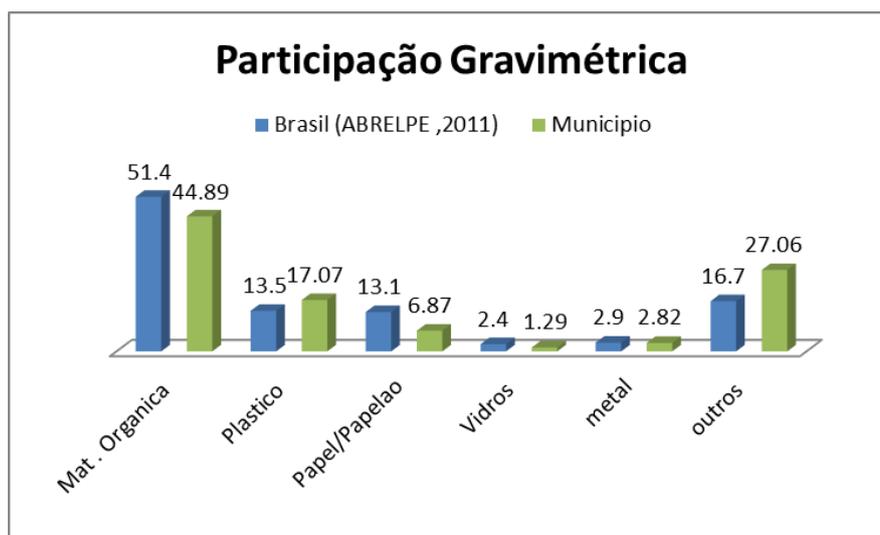


Figura 7: Distribuição dos resíduos desse trabalho comparados com o perfil no Brasil
 Fonte: elaborado pelos autores

Ainda 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 7 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 plásticos e “outros” apresentaram índices acima da média nacional. Neste estudo a fração “outros” englobam 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.

Neste estudo foi feito um levantamento de alguns estudos no período de 2010-2017 na qual foram agrupados os principais itens de composição gravimétrica e a população de cada município ou grupo de municípios, no caso de estudos feitos em consórcios que reuniram mais de um município para estudo conforme Tabela 5. Todos os itens

que não se enquadravam nestas frações pré-estabelecidas na Tabela 5, foram consideradas como rejeitos/outras. Como não existe uniformidade na escolha dos itens das frações a serem analisadas pelos diversos estudos, optou-se por estabelecer composição gravimétrica somente destes itens.

A média apresentada foi de 44,9% de matéria orgânica, 14,2% de plástico, 11,7% de papel/papelão, 2,6% de metal, 16,6% de vidros e 23,9% de rejeitos/outras.

Tabela 5. Composição Gravimétrica em cidades brasileiras

Referências	Cidade	Região	População	COMPOSIÇÃO GRAVIMETRICA (%)					
				Matéria orgânica	Plástico	Papel/Papelão	Metais	Vidros	Rejeito
Araujo et al (2015)	Barra de são Miguel-PB	Nordeste	5611	55,1	7,7	18,9	0,8	1,2	16,3
Barreto et al (2015)	Garanhuns-PE	Nordeste	129408	49,0	15,0	21,0	1,0	5,0	9,0
Santos; Mota (2010)	Fortaleza-CE	Nordeste	2452000	47,5	15,7	14,2	3,3	2,1	17,4
Souto et al (2013)	Porto de Moz-PA	Norte	33950	46,0	10,0	5,0	3,0	5,0	31,0
Oliveira et al (2017)	Humaita-AM	Norte	44227	40,0	15,5	5,8	2,0	2,8	35,2
Pesquisa Atual	Rubiácea-SP	Sudeste	2729	44,9	17,1	6,9	2,8	1,3	27,1
Soares (2014)	Manhumirim-MG	Sudeste	21382	39,7	12,0	10,6	2,6	3,2	32,0
Costa et al (2013)	Salinas-MG	Sudeste	39180	46,5	13,4	12,8	4,3	3,3	19,7
Rezende et al (2013)	Jaú-SP	Sudeste	131046	49,4	10,6	4,7	1,6	2,7	30,9
Soares (2013)	16 Municípios Interior-MG	Sudeste	179658	48,1	10,7	8,7	1,7	180,0	29,0
Galdino; Mota (2015)	Mamborê-PR	Sul	13960	54,0	16,8	15,6	4,2	2,0	7,4
Pont et al (2013)	6 Municípios Interior-SC	Sul	90751	36,2	16,5	10,7	4,1	3,9	28,7
Oenning et al(2012)	Criciúma-SC	Sul	192300	28,0	23,0	17,0	2,0	3,0	27,0
			Média	44,9	14,2	11,7	2,6	16,6	23,9

Fonte: elaborado pelos autores

Nos estudos de Santos e Mota (2011), o autor reuniu diversos estudos gravimétricos de 1999-2009 relacionado a diversos municípios Brasileiros e embora os estudos não apresentaram uma uniformidade nos itens em relação a

escolha das frações analisadas, os autores estabeleceram médias destes estudos, em cada fração encontrada nos estudos. Nos itens, Matéria orgânica, Plástico, (plástico e filme), papel/papelão (papel e papel papelão), metal, vidros e rejeitos a média

encontrada foi de 56,8%, 19,4%, 12%, 2,1%, 1,8%, 13,5%, respectivamente.

Comparando a média nacional estabelecida pela Abrelpe (2011) e a média encontrada nos estudos do período de 2010-2017, nota-se conforme figura 8, que embora estes índices sejam de 2011, a média destes estudos e a média nacional

ficaram muito próximas nas frações de plásticos, vidros e metal. Houve maiores variações na fração outros, já que neste conjunto podem estar incluídos resíduos considerados rejeitos bem como materiais de Resíduos da Construção Civil, materiais infectantes, fraldas, trapos, madeira, eletrônicos, borracha, etc.

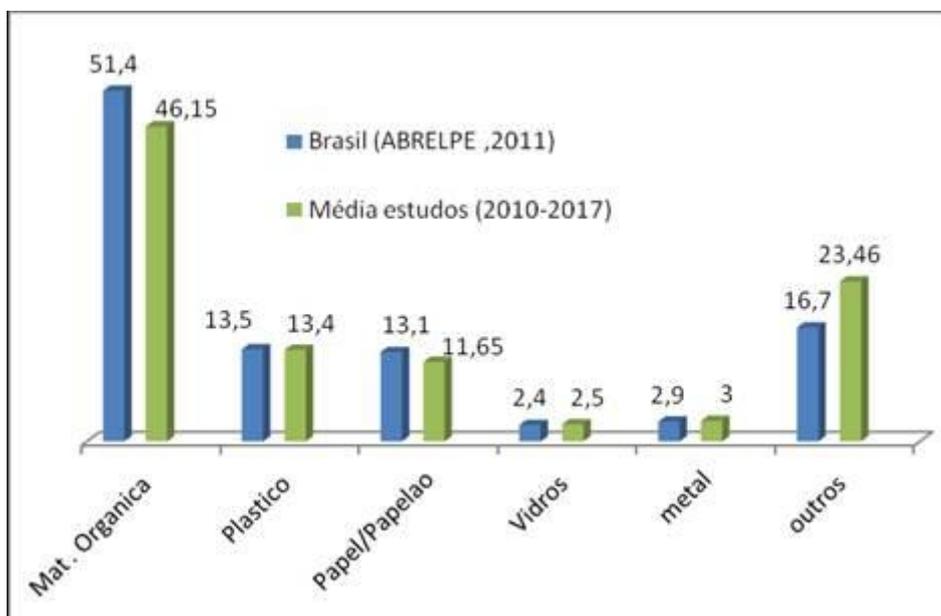


Figura 8: Distribuição da participação gravimétrica em percentual dos resíduos na média nacional e na média dos estudos (2010-2017)

Fonte: elaborado pelos autores

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 6 apresenta o perfil per capita de geração de resíduos e a quantidade de cada fração de resíduos sólidos urbanos gerados

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

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.

determinar os desperdícios financeiros dos resíduos sólidos produzidos pela população e descartados no aterro sanitário. Os resultados estão apresentados na Tabela 7 e referem-se aos resíduos com potencialidade para a reciclagem.

Tabela 6. 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 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 pelos autores

Tabela 7. 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 pelos autores

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos: Classificação. São Paulo. 71 p.2004

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007/2004. Amostragem de Resíduos Sólidos. São Paulo. 71 p.2004

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2011. 92 p

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo, 2015. 92 p

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

ARAÚJO, N. C.; QUEIROZ, A. J. P.; GUIMARÃES, 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.

BARRETO, E. V.; MELO, E. S. R. L. DE; PAIVA, G. F. DE A. V. Análise De Composição De Resíduos Sólidos Urbanos Como Instrumento de Gestão em Política Pública de Saneamento. VI Congresso

- Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais...Porto Alegre - RS: 2015
- 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. p. 313.
- 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
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Aterro Sanitário - Apostilas Ambientais, CETESB, São Paulo, 1997, 40 p.
- CEMPRE, Compromisso Empresarial Para A Reciclagem. Review 2015. 2016. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2017.
- CETEC/PROTEC. CENTRO TECNOLÓGICO/PROJETOS TÉCNICOS CUSTOMIZADOS. Grupo de Trabalho do setor de Meio Ambiente. Elaboração do Plano Diretor de Saneamento Básico da Prefeitura de Rubiácea, Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, 2015.
- COSTA, L. E. B.; COSTA, S. K.; REGO, N. A. C.; 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. 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. Cadernos de Saúde Pública, v. 22, n. 6, p. 1183-1191, 2006.
- FEITOSA, A. K.; BARDEN, J. E.; HASAN, C.; KONRAD, O. Hábitos da população no manejo de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso em Juazeiro do Norte-CE. Sustentabilidade em Debate, v. 7, p. 212-225, 2016.
- FUNDAÇÃO SEADE. Perfil Municipal de Rubiácea. Disponível em: <<http://produtos.seade.gov.br/produtos/imp/>>. Acesso em: 3 maio . 2017
- GALDINO, S. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na coleta convencional de um município de pequeno porte. TECNOLOGIA, Santa Cruz do Sul, v.20, n.1, p.01-08, 2016.
- 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.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - CEMPRE. Lixo municipal - manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.
- KONRAD, O.; CALDERAN, T.B.; SCHMEIER, N.P .; CASARIL, C . E .; LUMI, M. . Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados para uma central de triagem, compostagem e disposição final. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 5, n. 1, p. 284, 31 jan. 2014.
- LIMA, L. M. Q. Lixo: Tratamento e Biorremediação. 3. Ed. São Paulo: Editora Hemus, 2004
- LIMA, P. G.; TAMARINDO, U. G. F.; FORTI, J. C.; JUNIOR, S. B. Avaliação De Um Aterro Sanitário Por Meio Do Índice De Qualidade De Resíduos Sólidos/Evaluation Of Solid Waste In A Landfill By Means Of The Quality Index. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 11, n. 1, p. 88-106, 2017.

- MACHIONE, E. C. Caracterização dos resíduos perigosos domiciliares presentes nos resíduos sólidos urbanos no município de Colina-SP. *Revista Hispeci & Lema (Online)*, v. 5, p. 102-119, 2014.
- 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. et al. 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.
- OENNIG, A. S.; CARDOSO, M. A. ; DAL PONT, C.B.; LIMA, B. B .; VALVASSORI, M. L. Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Criciúma. *Revista Iniciação Científica*, v. 10, n. 1, 2012.
- OLIVEIRA, B. O. S.; 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 JÚNIOR, Arlindo. Resíduos sólidos: características e gerenciamento. In: Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 2005. p. 267-321.
- PONT, C. B. D.; VALVASSORI, M. L.; GUADAGNIN, M. R. Estudo de Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos de Seis Municípios de Pequeno Porte do Sul de Santa Catarina. 4o Forum Internacional de Resíduos Sólidos. Anais...Porto Alegre - RS: 2013
- REZENDE, J. H. et al. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 1, 2013.
- SANTOS, G. O.; MOTA, F. S. B. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Fortaleza / CE Dispostos no Aterro Sanitário de Caucaia / CE. *Revista Tecnol. Fortaleza*, v. 31, n. 1, p. 39–50, 2010.
- SÃO PAULO, Secretaria do meio Ambiente. Consumo Sustentável. São Paulo: SMA, 2011. : Cadernos de Educação Ambiental
- SÃO PAULO, 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. Brasília: Ipea, 2017.
- SOARES, A. P. Caracterização Gravimétrica Dos Resíduos Sólidos Do Baixo Jequitinhonha / Minas Gerais – Instrumento Para Gestão E Gerenciamento De Resíduos Sólidos Urbanos Sob Perspectiva Regional. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais...Salvador-BA: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2013^a
- SOARES, A. P. Caracterização Gravimétrica Dos Resíduos Sólidos Urbanos Do Município De Manhumirim / Minas Gerais – Como Ferramenta De Avaliação Preliminar Do Programa De Coleta Seletiva. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais...Belo Horizonte - MG: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2014
- SOARES, E. L. S. F. Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, v. 13, 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. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2009.

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.

VASCONCELOS, J. P. R.; GUIMARÃES, S. M. F.; ZANETI, I. C. B. B. Condições de vida de catadores de resíduos sólidos recicláveis: revisão integrativa da literatura. *Sustentabilidade em Debate*, v. 9, n. 1, p. 187-197.