

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE, BRASIL

* Hozana Raquel de Medeiros Garcia ¹
Adriano Ricardo Almeida Alexandre ¹
Marisete Dantas Aquino ¹
Paula Leandra Moura de Freitas ²

HOUSEHOLD SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE MUNICIPALITY OF FORTALEZA/CE, BRAZIL

Recibido el 19 de noviembre de 2019; Aceptado el 14 de septiembre de 2020

Abstract

The management of household solid waste (RSD) consists of the stages of collection, transportation, treatment, destination and final disposal, so the purpose of this article was to describe its phases and present the amount of waste that is managed in the city of Fortaleza (CE) in regular, ecopolo, selective and ecopoint collection; transport, transshipment station, recycling and landfill. For that, literary definitions related to the stages of RSD management and secondary data on this management in the studied municipality were presented, showing its functional organization and quantities of waste managed. It was observed in the results that Fortaleza has a diversified collection system, in addition to having a transshipment station, sanitary landfill and recycling industries. It was found that the amount of RSD from regular door-to-door collection and underground dumps (ecopolises) was the largest of the collection systems with a value of 808271.15 tons; followed by ecopoints with 12790 t. debris and recycled materials and selective collection with 6263.6 t. In addition, it was found that transportation is approximately 19 km between transshipment and landfill. The amount of waste managed at the transshipment station was 405596.9 t. in 2017 and to the landfill 1452132.4 t. It was observed that the diversity in the collection of RSD in the city provides a greater efficiency in its management, thus aiming to reduce irregular points of garbage throughout the city.

Keywords: household solid waste, landfill, management, regular collection, selective collection.

¹ Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Brasil.

² Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Unifanor Dunas, Brasil.

* *Autor correspondente:* Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará. Av. Mister Hull, s/n, Bloco 713 – Pici, Fortaleza, Ceará. Cep: 60440-970. Brasil. Email: hozana_raquel@hotmail.com

Resumo

O gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) é composto pelas etapas de coleta, transporte, tratamento, destinação e disposição final, logo objetivou-se neste artigo descrever suas fases e apresentar a quantidade dos resíduos que são geridos no município de Fortaleza (CE) na coleta regular, ecopolo, seletiva e ecoponto; no transporte, na estação de transbordo, na reciclagem e no aterro sanitário. Para tanto, apresentou-se definições literárias referentes às etapas do gerenciamento dos RSD e dados secundários sobre este gerenciamento no município estudado, evidenciando sua organização funcional e quantidades de resíduos geridos. Observou-se nos resultados que Fortaleza dispõe de um sistema de coleta diversificado, além de possuir estação de transbordo, aterro sanitário e indústrias recicladoras. Verificou-se que a quantidade de RSD da coleta regular porta a porta e lixeiras subterrâneas (ecopolos) foi a maior dos sistemas de coleta com o valor 808271.15 toneladas; seguida por ecopontos com 12790 t. de entulhos e reciclados e coleta seletiva com 6263.6 t. Além disso, constatou-se que o transporte é de aproximadamente 19 km entre transbordo e aterro sanitário. A quantidade de resíduos geridos na estação de transbordo foi de 405596.9 t. no ano de 2017 e para o aterro sanitário foram encaminhados nesse mesmo ano 1452132.4 t. Observou-se que a diversidade na coleta de RSD no município propicia uma maior eficiência no seu gerenciamento, visando assim reduzir pontos irregulares de lixo pela cidade.

Palavras chave: aterro sanitário, coleta regular, coleta seletiva, gerenciamento, resíduos sólidos domiciliares.

Introdução

O aumento no consumo, vivenciado na contemporaneidade, provoca um crescente número de materiais que são, diariamente, descartados, pois são julgados por seus consumidores como sem utilidade, os assim denominados de “lixos” (Garcia, 2016; Carvalho Júnior, 2013). Embora, o termo mais adequado seja resíduo sólido (RS), tendo em vista, que muito desses materiais descartados possuem potencial de valorização de matéria e energia, ou seja, podem ter seus elementos utilizados na integração dos circuitos econômicos ou ter suas calorias usadas, queimando-os e recuperando a energia assim produzida (Barros, 2012; Mendez, 2017).

De acordo com o relatório “What a Waste 2.0: a Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050”, publicado pelo Bando Mundial em 2018, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) global foi de 2.01 bilhões de toneladas anualmente, com 33% não gerenciados de forma ambientalmente adequada. Apesar da população dos países de alta renda corresponderem a apenas 16% da mundial eles geraram 34%, ou 638 milhões de toneladas, dos resíduos globais. Para 2050, esse relatório estima que os resíduos mundiais cresçam para 3.40 bilhões de toneladas (Kaza *et al.*, 2018).

Esse aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) requer respostas coerentes, mudanças de hábito e inclusive de modelos de gestão (Laurent *et al.*, 2014). Segundo Santana *et al.* (2019), a gestão adequada desses resíduos é de fundamental importância dentro do contexto da dinâmica das cidades que visam a sustentabilidade de suas atividades.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (2010), gerenciamento de RS corresponde a todas as operações direta ou indiretas que são realizadas nas fases de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação dos RS e disposição final apropriada dos rejeitos, conforme previsto no plano municipal de gestão integrada ou de gerenciamento de RS, exigidos na forma da Lei Nº 12.305/2010.

A Lei Nº 12.305/2010 classifica os RS, quanto a origem, em: residenciais, urbanos e os provenientes de atividade, tais como, limpeza urbana, comércio, prestadores de serviços, saneamento básico, indústrias, serviços hospitalares, construção civil, agrossilvopastoris, transporte e mineração.

Sendo os resíduos residenciais aqueles oriundos de atividades domésticas em residências urbanas (Brasil, 2010), nos quais são objetos de estudo deste artigo.

Assim, o objetivo deste artigo é descrever as etapas que compõe o sistema de gerenciamento de RSD e apresentar a quantidade desses resíduos que são geridos na coleta, transporte, transbordo, reciclagem e aterro sanitário dos RSD no município de Fortaleza.

Metodologia

Esta pesquisa possui como área de estudo o município de Fortaleza localizado no estado do Ceará, Brasil. A capital cearense é limitada pelos municípios de Caucaia, Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga, Eusébio, Aquiraz e pelo Oceano Atlântico, conforme se observa na Figura 1.

O município de Fortaleza possui uma população estimada de 2669342 habitantes (IBGE, 2019) que ocupam uma área territorial de 314.93 km², gerando para a cidade uma densidade territorial de 8475.98 hab./km². Sua economia está atrelada ao comércio, indústria, turismo e serviços que gera emprego e renda para sua população (Município de Fortaleza, 2019).

O município de Fortaleza possui uma Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR) regulamentada pela Lei Municipal Nº 9.500 (2009), com a atribuição de regular, normatizar, controlar e fiscalizar os serviços públicos de saneamento ambiental concedidos, entre eles, a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos.

A cidade também dispõe de um Sistema Municipal de Limpeza Urbana, que constitui as normas e diretrizes para a realização desses serviços e um Fundo Municipal de Limpeza Urbana (FUNLIMP) que surgiu através do Decreto Municipal Nº 13.151 (2013).

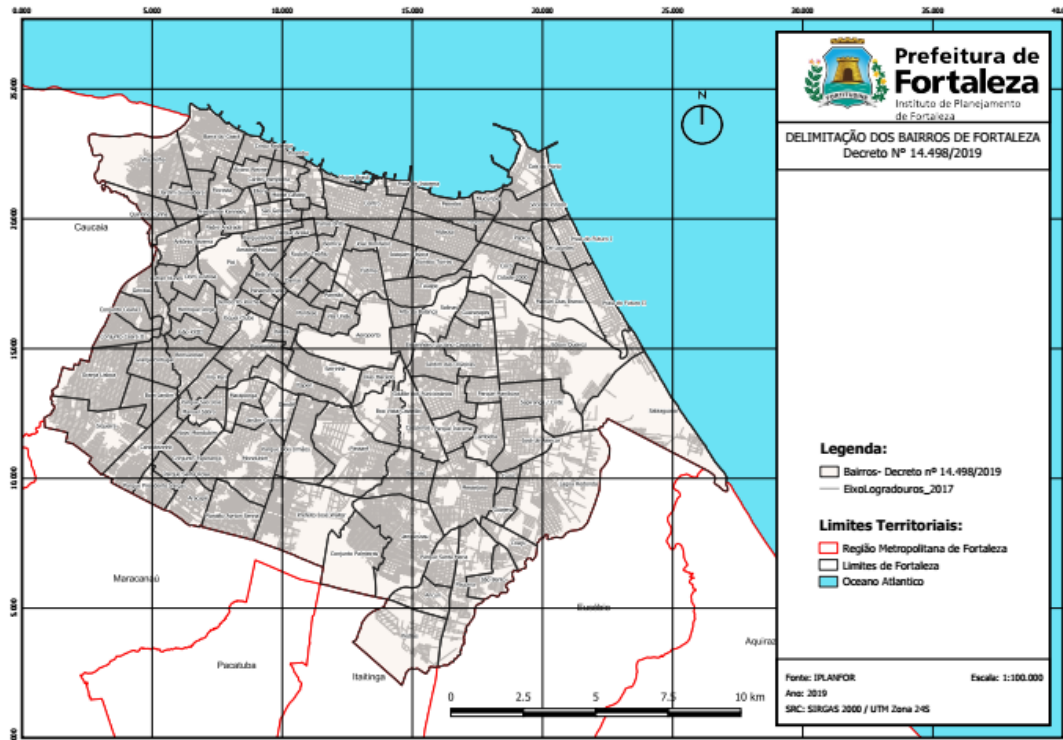


Figura 1. Delimitação dos bairros de Fortaleza. (*Fuente: Prefeitura Municipal de Fortaleza (2019).*)

De acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Fortaleza (2012), a gestão dos resíduos sólidos domiciliares no município é descentralizada sendo realizada pela Empresa Municipal de Limpeza Urbana (EMLURB), Grupo Marquise S. A., na qual faz parte a empresa ECOFOR Ambiental.

Para atender ao objetivo proposto neste artigo, apresentou-se definições literárias referentes às etapas do gerenciamento dos RSD e dados secundários sobre este tema no município de Fortaleza, evidenciando sua organização funcional e quantidades de resíduos geridos. Tais informações foram extraídas do PMGIRS de Fortaleza (2012), das tabelas estatísticas de indicadores do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS, 2017) e Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos (SCSP, 2017), e das informações disponíveis nos endereços eletrônicos oficiais da Prefeitura Municipal de Fortaleza (2019) e Marquise Ambiental (2019). Os dados quantitativos referentes a cada etapa que compõe o sistema de gerenciamento dos RS no município estudado foram coletados nessas fontes supracitadas, inseridas no Excel e analisadas utilizando-se de estatísticas descritivas.

Ao seguir as definições metodológicas de Appolinário (2011), a investigação proposta possui finalidade básica, é do tipo descritiva e tem abordagem quali-quantitativa. Com base nos processos técnicos e metodológicos, apresentados por Diehl e Tatim (2004), esta pesquisa é de modelo bibliográfico e documental.

Resultado e discussões

O sistema de gerenciamento de RS de Fortaleza contém:

- Coleta regular, coleta regular subterrânea, coleta seletiva e ecoponto
- Transporte
- Estação de transbordo
- Reciclagem
- Aterro sanitário.

Coleta

Entende-se por coleta a ação de agregar os RS devidamente embalados com o objetivo de facilitar o seu adequado manejo e transporte. Este último corresponde ao encaminhamento dos RS, após serem coletados, à unidade de tratamento, transbordo ou de disposição final. A coleta deve ser efetuada em função dos tipos e da quantidade de resíduos a serem transportado e tem início no local onde é gerado. Ao município compete fundamentalmente a gestão dos RS domésticos, comerciais e públicos, já que os outros tipos são de responsabilidade dos próprios geradores (Barros, 2012; Souto e Povinelli, 2013).

O acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza é realizado utilizando sacos plásticos como na maioria das cidades que aderem ao sistema de coleta porta a porta (Mendez, 2017) e coletados pela ECOFOR Ambiental, sendo o contrato de coleta para 100% desses resíduos que gerem até 100 L/dia (PMGIRS – Fortaleza, 2012).

Cita-se na presente pesquisa apenas os sistemas de coleta de RS domiciliares (objetos de estudo), de acordo com Barros (2012) são eles:

- Sistema regular ou convencional de coleta é aquele executado nas residências a intervalos determinados, correspondendo à remoção de RS do tipo domiciliar, comercial e industrial de pequeno porte.
- Coleta seletiva consiste no recolhimento dos materiais passíveis de reaproveitamento, previamente segregados na fonte, dentre os quais destacam-se o papel, papelão, plástico, vidro e metais. A coleta seletiva pode ser porta a porta quando os materiais são coletados diretamente nas fontes geradoras pelo poder público, por catadores, por sucateiros ou quaisquer empresas interessadas; ponto a ponto são definidos alguns tipos de contentores, espalhados nos logradouros públicos, em que o indivíduo deve se dirigir

para depositar seus RS previamente separados; e postos de entrega voluntária (PEV) o município se dirige aos locais definidos e equipados com recipientes diferenciados, no mínimo pelas cores, para receber os resíduos recicláveis.

As coletas de RSD de Fortaleza são caracterizadas como convencional do tipo porta-a-porta, usando-se veículos compactadores e respeitando os limites das Secretarias Executivas Regionais (SER) (PMGIRS de Fortaleza, 2012).

As coletas de RSD do município estudado são realizadas pela empresa ECOFOR Ambiental. O PMGIRS de Fortaleza (2012) estabelecia que respeitando o contrato essa empresa deveria coletar 100% dos resíduos provenientes das áreas do perímetro urbano do município. Contudo, observou-se nos dados disponibilizados pelo SNIS (2017) que a taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta a porta) da população urbana de Fortaleza (IN014) foi de 98%, em 2017. Embora esse valor não corresponda ao que foi previsto no plano, ele supera a taxa mundial de coleta de resíduos para as áreas urbanas com renda média alta que foi de 85% em 2018 (Kaza *et al.*, 2018), assim como a média do Brasil (95,7%) e do Nordeste (92,3%) para o mesmo indicador (IN014) (SNIS, 2017).

Das capitais do Nordeste brasileiro com mais de um milhão de habitantes, observou-se que as piores taxas de cobertura de coleta de resíduos domiciliares direta da população urbana (IN014) foram de Salvador (77,38%), Maceió (91,50%) e Fortaleza (98%), São Luís e Recife atingiram o ideal com 100% (SNIS, 2017).

Ao corroborar com esses resultados, Mendez (2017) avaliou que dos dez municípios, por ela estudados, no Estado do Rio de Janeiro 80% deles dispõem de taxa de cobertura maior ou igual a 90%, como foi o caso de Fortaleza e de outras capitais do Nordeste, já mencionadas aqui. A referida autora também constatou que 80% dos municípios estudados tinham uma operacionalização da coleta regular parcialmente adequada, demonstrando assim, a necessidade de uma gestão mais eficiente na prestação deste serviço.

A empresa concessionária responsável pela coleta de resíduos que determinou os setores de coleta, a ECOFOR, dividiu o município de Fortaleza em 175 setores de coleta, também chamados de circuitos, para tanto ela considerou apenas a delimitação das SER que totalizam 7 regionais (PMGIRS – Fortaleza, 2012). Embora o município já esteja realizando estudos de rotas mais eficientes. O desenvolvimento de cronogramas de turnos e rotas de coleta de resíduos mais econômicas e flexíveis foram realizados por Bruecker *et al.*, (2018) que obtiveram bons resultados utilizando o Model Enhancement (ME).

Nesses circuitos há frequências que são diárias (seis vezes), em virtude de suas demandas e locais que são coletados os resíduos, e três vezes por semana (segunda, quarta e sexta ou terça, quinta e sábado), com horário diurnos e noturnos (PMGIRS – Fortaleza, 2012).

A massa de RSD coletada *per capita* em relação à população atendida (declarada pelo informante) (IN022) de Fortaleza no ano de 2017 foi de 0.86 kg/(hab. x dia). Considerando, que no mesmo ano a população declarada (Co165) foi de 2574932 hab. tem-se que a quantidade de RSD coletada para o referido ano foi de 808271.15 t/ano, esse valor atribui-se a coleta regular porta a porta e lixeiras subterrâneas (Ecopolos), sendo o valor desse último 597505.8 tonelada (SNIS, 2017).

Das nove capitais do Nordeste do brasileiro apenas quatro informaram o valor correspondente ao indicador IN022 entre elas Fortaleza com a maior quantidade de coleta de resíduos porta a porta (808271.15 t/ano), seguida por Natal (265215.46 t/ano), Teresina (203796.76 t/ano) e Aracaju (196949,61 t/ano) (SNIS, 2017).

De acordo com os dados disponibilizados pelo SNIS (2017), o município de Fortaleza, em 2017, possuía 288 unidades de veículos de agentes privados entre eles caminhões compactadores (71), caminhões basculantes com carrocerias ou baú (208), caminhão poliguindaste (1), trator agrícola com reboque (3) e motos com carretinha (5).

A quantidade de trabalhadores remunerados alocados na coleta regular de RSD de Fortaleza no ano de 2017 foi de 1277 operários (SNIS, 2017).

Além da coleta regular porta a porta de RSD, Fortaleza também dispõe de lixeiras subterrâneas, denominadas de Ecopolos, que foram implementadas inicialmente na Avenida Presidente Castelo Branco, em agosto de 2017. O objetivo das lixeiras subterrâneas é permitir que áreas de difícil acesso sejam atendidas pela coleta regular, assim, elas são instaladas em vias que permitem a passagem do caminhão compactadores próximo aos locais, nos quais eles não conseguem passar, quer seja porque as ruas são estreitas, ou porque não possuem saídas (Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos – SCSP, 2019).

As lixeiras subterrâneas não possuem processo de sucção sendo necessário, dessa forma, a retirada dos resíduos pelos caminhões compactadores, os contêineres ficam no subsolo e apenas as lixeiras ficam expostas. O município dispõe de 17 Ecopolos, e a quantidade de resíduos que são coletados estão somados ao valor da coleta regular porta a porta citado anteriormente (SCSP, 2019).

Apesar das lixeiras subterrâneas de Fortaleza não possuírem sistemas a vácuo elas evitam as aglomerações de resíduos urbanos nas vias públicas, calçadas e terrenos baldios. De acordo com

Hidalgo *et al.*, (2018), o sistema de coleta subterrânea a vácuo de resíduos surge como uma solução revolucionária para enfrentar problemas como evitar transtornos com o manejo tradicional de resíduos urbanos em centros históricos das cidades, sobretudo, as europeias, devido as infraestruturas antigas, as ruas estreitas e tortas que não são adequadas para o tráfego de grandes veículos de coleta de resíduos; locais com poucos espaços para lixeiras; e altos volumes de turistas que tornam as latas tradicionais menos acessíveis pelos garis.

O resultado positivo da implementação desse modelo, segundo Hidalgo *et al.*, (2018), estão na redução de emissões de gases agravantes do efeito estufa CO₂ acima de 90% em comparação com os modelos tradicionais de coleta por caminhão. Além disso há a redução no número de viagens dos caminhões de coleta de resíduos, fato que influencia positivamente no custo operacional, no congestionamento do trânsito e potencial economia de espaço (Kaliampakos *et al.*, 2016).

O município de Fortaleza também dispõe de coleta seletiva porta a porta que é realizada sem planejamento, pois apenas uma pequena parte encontra-se organizada em Associações e/ou Cooperativas, e a maior parcela está vinculada a deposeiros e aparistas (agentes intermediários que compram das associações e revendem para a indústria recicladora a um preço mais elevado) (PMGIRS de Fortaleza, 2012).

De acordo com os dados divulgado pelo SNIS (2017), Fortaleza possui 18 associações totalizando 343 associados, conforme se observa na Tabela 1. O valor total de RSD coletados pelas associações de catadores com apoio da prefeitura é de 6263.6 toneladas, que corresponde a apenas 0,77% de todo resíduo coletado pela regular, Ecopolo e seletiva.

Segundo Tamiozo (2015), que avaliou dois sistemas de coleta seletiva em dois municípios do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: porta a porta (Londrina) e Ponto de Entrega Voluntário – PEV (Caxias do Sul) constatou que neste (45220 t/ano) a quantidade de materiais passíveis de reciclagem que foi coletado, em 2013, foi maior do que no sistema porta a porta em Londrina (9972 t/ano). O mesmo não foi verificado em Fortaleza que teve uma maior quantidade de resíduos recicláveis coletados pelo sistema porta a porta (6263.6 t/ano) do que pelo PEV ou Ecoponto (1522 t/ano), em 2017.

Dessas associações a ASCAJAN se destaca com o maior número de associados, sendo constituída com o objetivo de reduzir o impacto social proveniente da desativação do Lixão do Jangurussu, em meados de 1997, os catadores do antigo lixão passaram a trabalhar dentro de condições menos insalubres, na Usina de Triagem do Complexo do Jangurussu (PMGIRS de Fortaleza, 2012). Embora houvesse boas intenções na implementação desse programa, problemas operacionais acabaram danificando os equipamentos e por motivos estruturais a unidade foi desativada. Em 2006, a segregação dos resíduos foi retomada com outro galpão com nova estrutura no Complexo

do Jangurussu, pela formalização da ASCAJAN, em funcionamento até hoje (PMGIRS de Fortaleza, 2012).

Fortaleza também dispõe de coleta seletiva com pontos de entrega voluntários através da instalação de Ecopontos (Pontos Ecológicos de Pequenos Volumes) em locais estratégicos da cidade.

Os Ecopontos são locais destinados para a entrega voluntária dos resíduos previamente segregados pela população cadastrada no sistema. Os resíduos vão desde pequenas proporções de entulhos, restos de podas, moveis e estofados velhos até óleo de cozinha e materiais passíveis de reciclagem como papel, papelão, plásticos, vidros e metais. São nesses Ecopontos que se pode acessar ao benefício do Programa Recicla Fortaleza, que oferece desconto na conta de energia pela troca dos recicláveis (Prefeitura de Fortaleza, 2019).

Tabela 1. Associações por números de associados, 2017.

Associações	Número de Associados
Associação Viva a Vida	6
Soc. Com. De Reciclagem de Lixo do Pirambú – SOCRELP	40
Grupo Moura Brasil	10
Associação Bom Sucesso	15
Associação do Grupo Dom Lustosa	10
Grupo de Catadores do Jardim Iracema –UCAJIR	12
Associação Brisamar	32
Associação do Serviluz	8
Grupo do Quintino Cunha	5
Grupo da Maravilha – Bairro de Fátima	12
Associação Ecológica dos Coletores de Mat. Recicláveis da Serrinha e Adjacências – ACORES	18
Associação dos Agentes Ambientais Rosa Virginia	12
Associação Raio de Sol – Genibaú	25
Grupo de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis do Bom Jardim	12
Associação dos Catadores do Jangurussu – ASCAJAN	70
Assoc. Cearense dos Trabalhadores e Trabalhadoras em Resíduos Recicláveis – RECICLANDO	14
Grupo de Catadores da Rosalina	25
Associação Trapeiros de Emaús	17
Total	343

Fonte: SNIS, 2017.

Com o objetivo de atender à população, existe em todos os Ecopontos um funcionário da ECOFOR Ambiental, transmitido orientações e recebendo o material. Um outro funcionário atesta a quantidade de resíduos depositados em cada contêiner dos Ecopontos (Prefeitura de Fortaleza, 2019). Existem Ecopontos distribuídos em 61 pontos da cidade, e no ano de 2017, onde foram arrecadadas 12790 toneladas de entulho e reciclados, sendo 1522 t. de papel/papelão, plástico, metal e vidro. No que se refere aos volumosos o valor foi de 2978744 m³ e com relação ao óleo foram 18.97 litros (SCSP, 2017).

Transporte

O transporte é a etapa que complementa a coleta, e se dá fundamentalmente entre o ponto de término desta coleta até as estações de transbordo ou as unidades de tratamento ou de disposição final. Também pode-se considerar entre a garagem e o ponto de início da coleta e entre os locais de tratamento ou de disposição final e a garagem (Barros, 2012).

A distância média do transporte até a unidade de transbordo ou disposição final é 19 km (SNIS, 2017).

Estação de Transbordo

A estação de transbordo, geralmente é utilizada em grandes cidades, evitando o deslocamento dos caminhões convencionais de coleta até os locais de tratamento e de disposição, se configuram como edifícios quase ou totalmente fechados, de forma a conseguirem a redução dos impactos provocados por maus odores, por ruído e pelo espalhamento dos RS. Seu principal objetivo é reduzir os custos do sistema, com maior eficiência da coleta (Barros, 2012).

O município de Fortaleza dispõe de uma estação de transbordo localizada no bairro Jangurussu, funcionando desde 1997, recebe resíduos das SER II, IV, VI, SERCEFOR e de quatro setores da regional V (PMGIRS de Fortaleza, 2012).

De acordo com os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2017 foram descarregados na Estação de Transbordo do Jangurussu 405596.9 toneladas/ano de RSD e resíduos públicos a serem transferidos dos caminhões compactadores para carretas que seguem ao Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC).

Reciclagem

Segundo a Lei Nº 12.305 (2010), a reciclagem é um “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vista à transformação em insumos ou novos produtos”.

Assim como em grande parte das cidades brasileiras em Fortaleza a realidade não é diferente. Os materiais reciclados segregados pelas associações de catadores ainda não são vendidos diretamente para as indústrias recicladoras, necessitando assim, de agentes intermediários também chamados de “atravessadores”, “deposeiros”, “sucateiros”, entre outras denominações, que realizam o trabalho de comprar materiais de diferentes associações, agrupá-los e revendê-los a um preço maior para as indústrias recicladoras (Lopes, 2006; Ribeiro e Besen, 2007; Garcia, 2016).

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Fortaleza (SEMAM) *apud* PMGIRS (2012), o município possui 47 indústrias de reciclagem e beneficiamento distribuídas em diversos segmentos como de lâmpadas, óleo lubrificantes, resíduos químicos, solventes, computadores, sucatas de metais, plásticos, vidros, pneus, papel e papelão, embalagens de agrotóxicos vazias, entre outros materiais.

Aterro Sanitário

O aterro sanitário é definido pela norma ABNT NBR Nº 8.419 (1992) como uma “técnica de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde 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”.

Na concepção de Havukainen *et al.*, (2017), a maior parte dos resíduos sólidos são descartados em aterros sanitários, de onde são emitidos os gases de aterro que contém metano, substância que contribui significativamente para o aquecimento global. Os RS e as águas residuais são responsáveis por 3% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), sendo o metano a maior fonte (IPCC, 2014).

A região metropolitana de Fortaleza possui cinco aterros sanitários. O Aterro Sanitário Metropolitano Oeste (ASMOC), em Caucaia; o Aterro Sanitário Metropolitano Sul (ASMS), localizado no município de Maracanaú; o Aterro Sanitário Metropolitano Leste (ASML), situado em Aquiraz; e o Aterro Sanitário de Pacatuba, em Alto Fechado; e o Aterro Horizonte, situado na própria sede do município (PMGIRS de Fortaleza, 2012).

Segundo o PMGIRS – Fortaleza (2012), até meados de 1998 os RS do município eram dispostos no lixão do Jangurussu. Após determinação do Ministério Público e apoio do Projeto Sanear, financiados pelo Banco Mundial, os resíduos do município iniciaram a sua disposição adequada, no ASMOC. Com a construção do aterro foi concebido o Complexo do Jangurussu, na frente do

antigo lixão, onde hoje funciona a Estação de Transbordo, Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos e Associação de Catadores do Jangurussu (ASCAJAN).

Por meio de um convênio assinado entre os municípios de Fortaleza e Caucaia, ambos passaram a dispor seus RS no ASMOC. Caucaia desde 1992 e Fortaleza desde 1998.

O ASMOC está localizado na margem esquerda da BR-020, a 1.6 km da rodovia, no município de Caucaia, o aterro possui uma área total de 123.2 hectares, sendo aproximadamente 78.47 hectares destinados ao aterramento de resíduos (PMGIRS – Fortaleza, 2012).

O ASMOC foi projetado em dezessete (17) setores, e subdividido em sessenta e sete (67) trincheira, cada uma tem uma área aproximadamente igual a 101.0 x 71.0 metros com profundidades variável entre 2.0 a 5,0 metros (PMGIRS – Fortaleza, 2012).

Segundo o PMGIRS – Fortaleza (2012), o ASMOC tinha condições de receber os resíduos municipais de Fortaleza e Caucaia com segurança até 2014 e operar no limite até 2015. Contudo, foi proposta a ampliação vertical do aterro que mediam 500.0 m de comprimento por 27.6 m de largura, aumentando a vida útil do ASMOC em mais de cinco anos, ou seja, até 2020.

A drenagem do lixiviado é feita por meio de drenos em forma de espinha de peixe, seguindo a uma rede coletora, que por gravidade alimenta a estação elevatória e então é bombeado para as lagoas de tratamento que são duas lagoas anaeróbias e uma facultativa. O ASMOC também possuía drenos de biogás que tinha uma distância de vinte (20) metros entre si (PMGIRS – Fortaleza, 2012) e na época da elaboração do plano não havia o aproveitamento do biogás.

A Marquise Ambiental inaugurou a primeira usina de tratamento de biogás do Norte e Nordeste – Gás Natural Renovável (GNR) Fortaleza, situada no ASMOC. O sistema de tratamento de GNR se prepara para alcançar à capacidade de produção de 150 mil m³/dia de biometano, tornando-se a segunda maior unidade do gênero do País e deve suprir aproximadamente 30% de gás para as indústrias, o comércio e as residências do Ceará (Marquise Ambiental, 2019). Por kg, o metano possui potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono (CO₂) (IPCC, 2006). Assim, com a implementação do sistema de aproveitamento do biogás no ASMOC espera-se obter benefícios ambientais e econômicos para as presentes gerações e futuras.

A entrada e saída dos caminhões no ASMOC são monitoradas por meio de fotografias, enviadas ao bando de dados do sistema com o horário e pesagem de cada etapa. O acesso a essas informações também é realizado pela ECOFOR, ACFOR e EMLURB.

De acordo com PMGIRS – Fortaleza (2012), o controle da pesagem é realizado por duas balanças, sendo uma para a entrada e outra para a saída. Cada balança possui capacidade de 80 toneladas. Hoje o sistema é todo informatizado e funciona através de câmeras fixadas nas balanças.

Segundo o SNIS (2017), foram encaminhados para o ASMOC, no ano de 2017, o total de 1452132.4 tonelada/ano de resíduos, deste eram 1204009.5 t/ano (domiciliares e públicos), 5172.9 t/ano (saúde), 196150 t/ano (entulhos), 15126.8 t/ano (podas) e 31673.3 t/ano (outros).

No que se refere ao tratamento e a disposição global de resíduos, observou-se que apenas 7,7% são destinados para aterros sanitários (com coleta de gás) (Caza *et al.*, 2018), logo constatou-se que Fortaleza está muito acima da média mundial, pois 98,40% dos seus resíduos foram encaminhados para aterros sanitários com aproveitamento energético do seu biogás.

Conclusão

O gerenciamento dos RSD de Fortaleza é diversificado, no que se refere ao seu sistema de coleta (regular, ecopolo, seletiva e ecoponto). Contudo, não se pode dizer o mesmo quanto aos tipos de tratamento e disposição final, a exemplo, a maior parte dos resíduos sólidos coletados no município pelos sistemas regular e Ecopolo se destinam para o aterro sanitário com recuperação de energia; o restante, correspondente a menor parcela, proveniente da seletiva e dos materiais recicláveis dos Ecopontos são encaminhados para agentes ou empresas intermediárias antes de seguirem para as indústrias recicladoras.

Dentre os benefícios provenientes dessa diversificação dos sistemas de coleta de RSD no município está a maior eficiência no seu gerenciamento, possibilitando a população um maior número de opções para o descarte de seus RSD, a redução de pontos irregulares de lixo e maior participação e engajamento das comunidades na manutenção da limpeza de sua cidade.

Este estudo evidenciou que a simples descrição do sistema de gerenciamento de RSD de Fortaleza, abordando suas principais experiências, possibilita que outros municípios possam encontrar soluções para seus problemas ambientais relacionados a gestão dos seus RSD, através da implementação de medidas como a diversificação dos meios de coleta de resíduos sólidos, efetivação de meios de incentivo à coleta seletiva e a reciclagem, visando otimizar a vida útil do aterro sanitário ou até mesmo pela geração de energia alternativa com o reaproveitamento do seu biogás.

Agradecimentos

Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

Referências bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). *NBR 8419: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, 1992.
- Appolinário, F. (2011) *Metodologia da Ciência: filosofia e prática da pesquisa*, 2a ed., Cengage Learning, São Paulo, 240 pp.
- Barros, R. T. V. (2012) *Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos*, Tessitura, Belo Horizonte, 423 pp.
- Brasil. Presidência da República Casa Civil (2010) *Lei Federal nº 12.305- Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. de 02 de agosto de 2010. Acesso em 10 de outubro de 2019, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm
- Bruecker, P., Beliëna, J., Boeckx, L., Jaeger, S., Demeulemeester, E. (2018) A model enhancement approach for optimizing the integrated shift scheduling and vehicle routing problem in waste collection, *European Journal of Operational Research*, **266**, 278-290. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.089>
- Carvalho Junior, F. H. (2013) *Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza – CE*, Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 209 pp.
- Diehl, A. A., Tatim, D. C. (2004) *Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas: métodos e técnicas*, Prentice Hall, São Paulo, 176 pp.
- Fortaleza, Prefeitura Municipal de Fortaleza (2009) *Lei Municipal nº 9.500 – Altera a Lei nº 8869/04, que cria a Agência Reguladora de Fortaleza (ARFOR), e dá outras providências*, Publicação no Diário Oficial do Município, 25 de setembro de 2009. Acesso em 23 de outubro de 2019, disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/lei-ordinaria/2009/950/9500/lei-ordinaria-n-9500-2009-altera-a-lei-n-8869-04-que-cria-a-agencia-reguladora-de-fortaleza-arfor-e-da-outras-providencias>
- Fortaleza, Prefeitura Municipal de Fortaleza (2013) *Decreto Municipal nº 13.151/13, que regulamenta a administração do Fundo Municipal de Limpeza Urbana e dá outras providências*, Publicação no Diário Oficial do Município, 06 de maio de 2013. Acesso em 23 de outubro de 2019, disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ce/f/fortaleza/decreto/2013/1316/13151/decreto-n-13151-2013-regulamenta-a-administracao-do-fundo-municipal-de-limpeza-urbana-e-da-outras-providencias>
- Garcia, H. R. M. (2016) *Avaliação do Ciclo de Vida Socioambiental do Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de João Pessoa/PB, Brasil. Estudo de Caso: Núcleo do Bessa*, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (Saneamento Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 135 pp.
- Havukainen, J., Zhan, M., Dong, J., Liikanen, M., Deviatkin, I., Li X., Horttanainen, M. (2017) Environmental impact assessment of municipal solid waste management incorporating mechanical treatment of waste and incineration in Hangzhou, China, *Journal of Cleaner Production*, **141**, 453-461. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.146>
- Hidalgo, D., Martín-Marroquín, J. M., Corona, F., Juaristi, J. L. (2018) Sustainable vacuum waste collection systems in areas of difficult access, *Tunnelling and Underground Space Technology*, **81**, 221-227. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.07.026>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) *Cidades@*. Acesso em 14 out. 2019, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>
- IPCC (2006) In: Egglestone, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- IPCC (2014) In: Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (Eds.), *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team]*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

- Kaliampakos, D., Benardos, A., Mavrikos, A., (2016) A review on the economics of underground space utilization. *Tunn. Undergr. Sp. Tech.* **55**, 236–244. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2015.10.022>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., Woerden, F. V. (2018) *What a waste 2.0: a global snapshot of Solid Waste Management to 2050*, Urban Development and Local Government Unit, World Bank. Acesso em 12 de maio de 2020, disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2174>
- Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschilda, M. Z., Christensen, T. H. (2014). Review of LCA Studies of Solid Waste Management Systems – Part I: Lessons Learned and Perspectives. *Waste Management*, **34**(3), 573-588. doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1300559X>
- Lopes, L. (2006) *Gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para pequenos municípios*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 113 pp.
- Marquise Ambiental (2019) *GNR Fortaleza – Gás Natural Renovável*. Acesso em 20 out. 2019, disponível em: <http://marquiseambiental.com.br/servicos-e-tecnologia/gnr-fortaleza-gas-natural-renovavel>
- Mendez, G. P. (2017) *Avaliação da gestão municipal de resíduos sólidos através de indicadores ambientais*, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 194 pp.
- Município de Fortaleza (2019) *A cidade*. Acesso em 14 out. 2019, disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/a-cidade>
- Prefeitura de Fortaleza (2019) *Ecopontos*. Acesso em 16 out. 2019, disponível em: <https://catalogodeservicos.fortaleza.ce.gov.br/categoria/urbanismo-meio-ambiente/servico/324>
- Prefeitura Municipal de Fortaleza (2012) *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza Estado do Ceará – Relatório IV*. Acessado em: 12 out. 2019, disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismoemeioambiente/infocidade/plano_municipal_de_gesto_integrada_de_residuos_solidos_de_fortaleza.pdf
- Prefeitura Municipal de Fortaleza (2019) *Fortaleza em Mapas – Delimitação dos Bairros de Fortaleza*. Acesso em 14 out. 2019, disponível em: <https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/#/>
- Ribeiro, H, Besen, G. R. (2007) Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso, *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, **2**(4), 1-18. Acesso em 09 nov. 2019, disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Helena_Ribeiro4/publication/242243074_A_PANORAMA_OF_SELECTIVE_WASTE_COLLECTION_IN_BRAZIL_CHALLENGES_AND_PROSPECTS_TAKEN_FROM_3_CASE-STUDIES/links/5661c26a08ae4931cd5b3ef3.pdf
- Santana, L. R, Correa, R. S., Nunes, L. R. S., Teixeira, L. G. (2019). O Impacto da Coleta Seletiva nos Custos dos Serviços de Coleta dos Resíduos Sólidos da Região Norte do Brasil, *Revista AIDIS*, **12**(2), 370-382. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2019.12.2.62606>
- SCSP, Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Urbanos (2017), Coordenadoria Especial de Limpeza Urbana e Resíduos Sólidos, *Relatório Ecopontos – Totais*, Prefeitura Municipal de Fortaleza.
- SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2017) *Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017*. Acesso em 14 out. 2019, disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>
- Souto, G. D. B, Pavinelli, J., (2013) Resíduos Sólidos. In Calijuri, M. C., Cunha, D. G. F. (Eds.), *Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão*. Elsevier, Rio de Janeiro, 565-588.
- Tamiozo, M. H. (2015) Coleta seletiva: análise dos sistemas porta a porta e P.E.V. um estudo de caso nos municípios de Londrina e Caxias do Sul, Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 56 pp.