

DIAGNÓSTICO DA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS RECICLÁVEIS NO MUNICÍPIO DE MORADA NOVA-CE

DOI: 10.19177/rgsa.v9e32020298-319

**Anne Liz Bezerra Chagas¹, Erbene Rabelo Alves²
Francisca Melícia Almeida Coelho³, Mônica Girão Rabelo⁴
Roberta Chagas Ribeiro Amaro⁵
Sidney Sillas Silva Araújo⁶
Juceline Batista dos Santos Bastos⁷**

RESUMO

Este artigo objetiva diagnosticar a coleta de resíduos sólidos recicláveis na zona urbana de Morada Nova por meio da identificação e quantificação desses materiais, tendo em vista a escassez deste tipo de informação e a importância desta para o planejamento das cidades. Para a execução desta pesquisa, realizou-se um levantamento da literatura sobre o banco de dados da coleta de resíduos sólidos de outros municípios do país; seguidos da coleta de dados junto à empresa de reciclagem responsável pela maior parte da coleta desses resíduos no município, com levantamento do material recolhido (entre os meses de novembro de 2017 e outubro de 2018); organização e avaliação estatística dos dados coletados. As análises focaram na composição dos recicláveis, comparação do quantitativo desta pesquisa com a quantificação de outros municípios de porte semelhante e sobre o impacto da implementação da coleta seletiva. Os resultados apontam significativa diversidade de materiais recicláveis coletados pela empresa, tendo na composição gravimétrica: ferro (40%), papelão (24%), plástico (18%) e papel (7%). Foi verificado ainda que durante o mês de implantação do Programa de Coleta Seletiva no município houve um incremento na coleta, estendendo-se também para os meses posteriores. A média mensal desse acréscimo foi de 23% a partir da implantação desse programa, atestando o impacto positivo tanto para o meio ambiente como para a sociedade.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos. Reciclagem. Coleta seletiva.

¹ Pós-graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFCE. E-mail: annelizezbc@hotmail.com

² Pós-graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFCE. E-mail: erbenepsicologia@gmail.com

³ Pós-graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFCE. E-mail: almeidamelicia@gmail.com

⁴ Pós-graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFCE. E-mail: monnykahta@gmail.com

⁵ Pós-graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFCE. E-mail: robertachagas1982@gmail.com

⁶ Pós-graduanda do curso de Gestão Ambiental do IFCE. E-mail: sidneysillas@hotmail.com

⁷ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. <http://orcid.org/0000-0002-1125-2196>
E-mail: jucelinebatista@hotmail.com

DIAGNOSIS OF THE COLLECTION OF RECYCLABLE SOLID WASTE IN THE MUNICIPALITY OF MORADA NOVA-CE

ABSTRACT

This article aims to diagnose the collection of recyclable solid waste in the urban area of Morada Nova through the identification and quantification of these materials, in view of the scarcity of this type of information and its importance for city planning. To carry out this research, a survey of the literature was carried out on the database of solid waste collection from other municipalities in the country; followed by data collection with the recycling company responsible for most of the collection of this waste in the municipality, with a survey of the material collected (between the months of November 2017 and October 2018); organization and statistical evaluation of the collected data. The analyzes focused on the composition of recyclables, comparing the quantity of this research with the quantification of other cities of similar size and on the impact of the implementation of selective collection. The results show a significant diversity of recyclable materials collected by the company, with gravimetric composition: iron (40%), cardboard (24%), plastic (18%) and paper (7%). It was also verified that during the month of implementation of the Selective Collection Program in the municipality, there was an increase in collection, extending also to the subsequent months. The monthly average of this increase was 23% from the implementation of this program, attesting to the positive impact both for the environment and for society.

Keywords: Solid waste management. Recycling. Selective collect.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ambientais e econômicos enfrentados pela sociedade moderna é a geração excessiva de resíduos sólidos urbanos (RSU). O aumento significativo de resíduos deve-se, principalmente, ao crescimento populacional, à acelerada industrialização e aos padrões de consumo exacerbados.

Conforme o Panorama 2017 da Associação Brasileira de Empresas Públicas de Limpeza e Resíduos Especiais - ABRELPE, a população brasileira apresentou um crescimento de 0,75% entre 2016 e 2017, enquanto a geração *per capita* de RSU apresentou aumento de 0,48%. A geração total de resíduos atingiu um total de 214.868 toneladas diárias de RSU no país (ABRELPE, 2017).

Atualmente essa temática constitui um desafio para a gestão dos municípios em direção à sustentabilidade. Assim, os fenômenos e os impactos relacionados à

prevenção, geração, coleta, disposição e reaproveitamento dos RSU têm sido tratados setorialmente, de maneira desarticulada, obstruindo uma visão sistêmica dessa problemática e refletindo-se em políticas públicas fragmentadas (DIAS, 2012).

O crescente volume de RSU demanda, além de muitos recursos financeiros, espaço para sua disposição final. No Brasil, a produção diária de RSU durante o ano de 2017 foi de 78,4 milhões de toneladas. Em relação à disposição final, estes resíduos estão distribuídos da seguinte forma: 42,3 milhões de toneladas, ou 59,1% do que é coletado, são dispostos em aterros sanitários e 40,9% foram despejados em locais inadequados, como os lixões ou aterros controlados. Em 2017, no Nordeste brasileiro, foi gerado um total de 55.492 toneladas de RSU por dia, das quais aproximadamente 79,1% foram coletadas. Dos resíduos coletados na região, cerca de 65% (28.351 toneladas diárias) foram encaminhados para lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2017). No Ceará, de 9.679 toneladas de RSU produzidos, 78,4% são coletados, representando 2,09 mil toneladas de resíduos sem coleta no Estado e, conseqüentemente, com destino impróprio (ABRELPE, 2016).

Objetivando a mudança dessa crescente demanda, a Lei nº 12.305 (2010) referente à Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS foi aprovada, trazendo princípios e conceitos importantes para a gestão dos resíduos que, dentre outros, destacam-se a responsabilidade compartilhada e a logística reversa. A partir dessa lei, não somente o Governo Federal, Estadual e Municipal, como também toda a cadeia de produção e consumo se tornam responsáveis, de alguma forma, pela gestão do ciclo de vida dos produtos.

Embora esteja estabelecido o princípio da responsabilidade compartilhada, são as prefeituras as que possuem a maior participação e responsabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Uma das principais estratégias apontadas para a redução da quantidade de resíduos dispostos nos aterros sanitários e lixões é a criação de sistemas de coleta seletiva.

Diante da problemática dos resíduos sólidos surge a importância da elaboração desta pesquisa, que visa contribuir com o desenvolvimento sustentável e a gestão dos resíduos sólidos por meio do diagnóstico da coleta dos resíduos sólidos urbanos do município de Morada Nova. Para isso foram delimitados os seguintes objetivos específicos: (i) levantar na literatura dados de coleta de resíduos sólidos realizados em outros municípios do país, (ii) identificar os resíduos sólidos (recicláveis) coletados

no município, (iii) comparar o quantitativo de resíduos dessa pesquisa com a quantificação de outros município de porte semelhante, (iv) analisar o impacto da implantação de programa de coleta seletiva por parte do município no quantitativo de resíduos coletados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A Lei nº 12.305 (2010) constitui um marco da gestão e manejo dos resíduos sólidos, indicando as diretrizes para a gestão e o gerenciamento de resíduos, destacando a adoção de práticas hierárquicas e prioritárias durante esse processo, tais como: a não geração, a redução na fonte geradora, seguida da reutilização, da reciclagem e, por último, o tratamento e a disposição final adequada dos resíduos.

Assim, para o adequado gerenciamento dos resíduos, devem ser consideradas todas as ações que visem a menor geração possível de rejeitos. Nesse sentido, o termo reciclagem indica o reprocessamento de materiais que haviam perdido seu valor de uso e/ou de troca, de forma a permitir o seu reaproveitamento e, assim, sua reinserção na cadeia produtiva. Permite, inclusive, que rejeito ou “lixo” seja transformado em produto com valor de uso e troca, com características novas ou semelhantes aos materiais que lhe deram origem. Isso traz inúmeros benefícios à sociedade, desde a redução da exploração dos recursos naturais, menor poluição do solo, água, ar e alimentos, economia de energia, melhoria na limpeza pública do município, geração de renda, entre outros (RIBEIRO *et al.*, 2014; LOMASSO *et al.*, 2015).

Para melhor organização e aproveitamento dos resíduos recicláveis, a coleta seletiva apresenta-se como uma etapa fundamental para a eficiência do sistema de gestão integrada de resíduos sólidos, além de ser essencial para se atingir a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A coleta seletiva é um tipo de tratamento dado ao resíduo, que consiste na segregação ou separação, na fonte geradora, dos materiais em orgânicos e inorgânicos, seguida da disposição para a coleta (BARROS, 2012).

Conforme dados da ABRELPE (2017), 3.923 municípios brasileiros apresentam alguma iniciativa de coleta seletiva, no entanto, em muitos desses as atividades de coleta seletiva não abrangem a totalidade de sua área urbana.

Galdino e Martins (2016) caracterizaram os RSUs no município de Momborê (PR), onde foi constatado que a sensibilização da população quanto à importância da segregação dos materiais diretamente na fonte geradora e o incentivo à coleta seletiva contribuem para a adoção de uma gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. Os autores verificaram ainda que a caracterização física dos RSUs, em especial sua composição gravimétrica e geração total, aliada a um programa de educação ambiental voltado à população são capazes de alavancar a implantação de um programa de gestão municipal de resíduos com potencial reciclável.

Lima e Costa (2016) desenvolveram um estudo em Curitiba (PR), considerada a cidade mais limpa do país, e constataram que a referida capital além de contar com um estruturado sistema que abrange tanto a coleta convencional (coleta o que não é reciclável) quanto à coleta seletiva (coleta a parcela com potencial reciclagem), desenvolveu junto à população um eficaz trabalho de educação ambiental. Isso tornou os cidadãos mais conscientes da importância da separação dos resíduos, diariamente, de forma adequada em suas residências.

Jerônimo *et al.* (2012) avaliaram o impacto da coleta de resíduos recicláveis para as atividades de cooperativas de catadores em uma cidade maior (Natal-RN). Essa avaliação indicou resultados semelhantes aos encontrados em municípios de pequeno porte, em que a coleta de materiais recicláveis pelas cooperativas, além dos benefícios ambientais, por meio da retirada do ambiente de materiais que podem ser reciclados, trouxe benefícios sociais, gerando renda para os catadores envolvidos na coleta e separação dos materiais. Esses autores destacam também a necessidade da sensibilização dos munícipes quanto à importância socioambiental do trabalho de coleta de materiais recicláveis exercido pelos catadores, bem como o incentivo por parte de entidades governamentais e não governamentais, de discussões que apontem os benefícios que a coleta de materiais recicláveis pode proporcionar ao meio ambiente e à sociedade.

Souza e D'Oliveira (2009) e Campos *et al.* (2017) investigaram os resíduos coletados em dois municípios de pequeno porte, Presidente Castelo Branco (PR) e Iomerê (SC), e identificaram a possibilidade de comercialização dos resíduos recicláveis. A destinação desses materiais em aterro sanitário mostrou-se um desperdício, uma vez que sua comercialização poderia gerar emprego e renda nos diversos processos produtivos e reduziria o impacto ambiental advindo da adequada

destinação. A implantação de cooperativas de reciclagem e de programas de coleta seletiva nesses municípios foi indicada para evitar tais desperdícios.

Campos e Borga (2016) levantaram a geração de resíduos sólidos recicláveis do município de Caçador (SC). O trabalho analisou dados obtidos a partir da coleta de resíduos realizada por uma cooperativa de catadores e pelas empresas de reciclagem que atuavam no município, identificando a composição gravimétrica dos resíduos. Os autores calcularam a geração per capita de resíduos diária, mensal e anual e identificaram o período de maior geração de resíduos. O estudo apresentou informações utilizáveis no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, contribuindo para melhorias na gestão ambiental local.

Ferreira *et al.* (2015) realizaram o diagnóstico dos resíduos gerados no município de Professor Jamil (GO). O diagnóstico identificou a composição gravimétrica dos resíduos e apontou que o material mais presente no lixo gerado é a matéria orgânica. Com relação à destinação final, os autores indicaram como melhor alternativa o aterro sanitário, resultando no planejamento de construção deste por meio de consórcio intermunicipal. Para a matéria orgânica apontou-se a compostagem como alternativa de destinação final mais adequada.

Santos e Mota (2010) determinaram a composição gravimétrica dos RSUs gerados no município de Fortaleza (CE) e destinados ao aterro sanitário de Caucaia (CE), cidade vizinha, onde o aterro fica localizado. Foi constatado que a maioria dos resíduos descartados possui potencial de reciclagem ou compostagem, o que retrata desperdício de materiais com potencial econômico e socioambiental.

Pasqualetto *et al.* (2006), realizaram um trabalho de caracterização física dos resíduos sólidos domésticos do município de Caldas Novas (GO), que se notabiliza por ser um polo turístico mundial devido ao volume existente de águas termais, mas acarretando também uma produção elevada de resíduos. O trabalho avaliou o potencial de reaproveitamento dos resíduos gerados e propôs a reativação da usina de triagem do município, tendo em vista que há produção de resíduos suficiente para a reativação da usina,

Costa *et al.* (2012) determinaram a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos gerados no município de Salinas (MG), verificando presença significativa de materiais com potencial para reciclagem e compostagem, atestando a



viabilidade de implantação de programa piloto de coleta seletiva e respectivo centro de triagem, a ser instalado no próprio lixão da cidade.

Os trabalhos avaliados enriquecem a literatura, ainda deficiente, sobre a importância do diagnóstico da gestão de resíduos sólidos no Brasil, mostrando que esses diagnósticos possibilitam inferir sobre a viabilidade de implantação de programas de coleta seletiva, compostagem e destinação final, com impacto no planejamento das cidades; além de destacar a importância da educação ambiental constante.

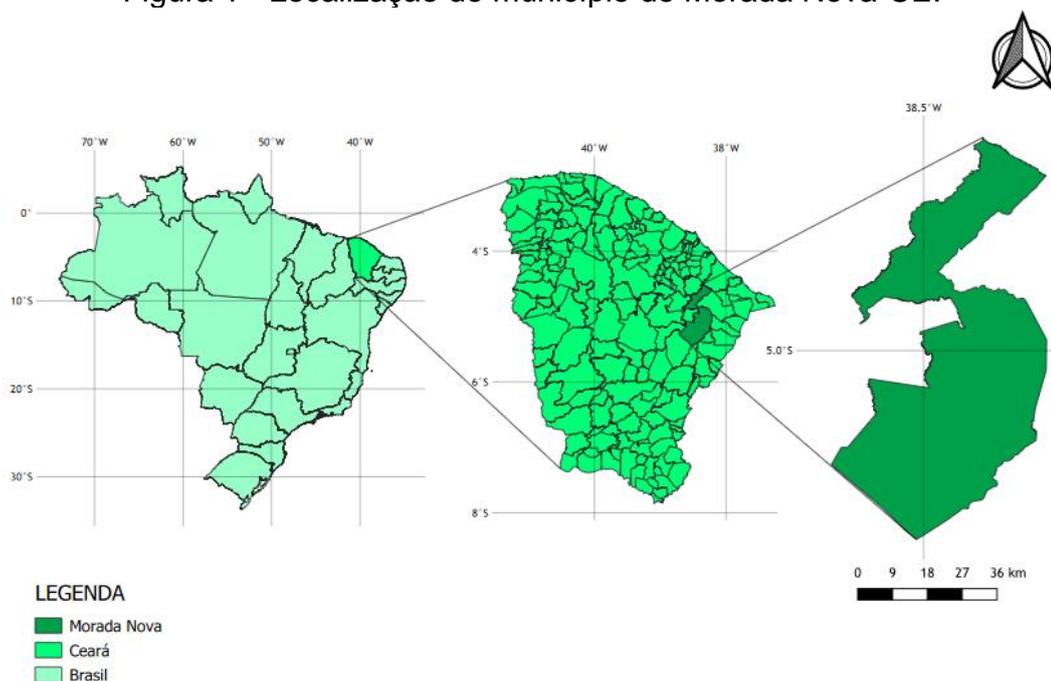
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 A área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Morada Nova, Ceará, localizado na microrregião do Baixo Jaguaribe, a 170 km da capital Fortaleza (Figura 1). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município possui atualmente uma população de 62.069 habitantes distribuídos numa área de 2.778,6 km², sendo 35.401 (57,04%) localizados na zona urbana e 26.664 (42,96%) na zona rural (IBGE, 2018).



Figura 1 - Localização do município de Morada Nova-CE.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A coleta dos RSU de Morada Nova é realizada por empresa terceirizada, que coleta diariamente os resíduos, incluindo os domésticos, hospitalares, varrição e limpeza de vias e praças, restos de feira, podas de árvores, dentre outros, sob a coordenação da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SEINFRA), cabendo ao Instituto do Meio Ambiente de Morada Nova (IMAMN), a responsabilidade pela coleta dos resíduos recicláveis do município. Dada a dificuldade em se adquirir informações relacionadas à quantificação da geração e coleta de RSU, procurou-se então mapear o destino desses resíduos (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma da coleta de resíduos sólidos de Morada Nova.



Fonte: Elaborado pelos autores

3.2. O objeto de estudo

Diante do exposto, optou-se pela realização do diagnóstico da coleta dos resíduos sólidos recicláveis a partir dos dados fornecidos pela empresa Reciclagem Morada Nova (Figura 3), que desempenha importante papel na destinação final destes resíduos, recebendo o material coletado por cerca de 90 catadores espalhados por todo o território do município e que, a partir do mês de junho de 2018, passou a receber também os resíduos provenientes do Programa de Coleta Seletiva implantado neste mesmo período, mediante a lei nº 1845 (2017).

Figura 3 - Empresa Reciclagem Morada Nova.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Reciclagem Morada Nova iniciou suas atividades em 2002, a princípio como empresa informal, objetivando não somente interesses econômicos, mas também sociais, em apoio a várias famílias carentes do município. No entanto, a formalização de parceria com o Programa ECOELCE (atualmente denominado ECOENEL) e a crescente demanda de materiais recolhidos, conduziram à necessidade de adequação ao setor econômico formal e, em junho de 2009, foi registrada sob a razão social Marília Lima Galvão – ME.



3.3 Etapas metodológicas

O estudo constitui-se de uma pesquisa de abordagem quali-quantitativa, ou seja, o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos fundamenta-se em uma análise objetiva e em considerações subjetivas dos dados disponíveis, sendo de natureza aplicada, buscando, portanto, formular conhecimentos que possam ser aplicados no município, assim como contribuir com a construção informações que possam propagar as práticas adotadas nesta pesquisa para outras cidades. Quanto aos procedimentos, pode ser classificada como uma pesquisa documental, uma vez que além da realização de pesquisa bibliográfica, há também a coleta de dados junto à empresa Reciclagem Morada Nova, que mantém registrados os dados de resíduos coletados no município. Na Figura 4 estão apresentadas as etapas do processo.

Figura 4 - Etapas do processo de investigação desta pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram considerados os materiais coletados durante os meses de novembro de 2017 a outubro de 2018 (1 ano), escolhido por permitir a investigação de variações na produção de resíduos de acordo com possíveis especificidades dos meses, possibilitando ainda, a partir dessa cronologia, verificar a ocorrência de impacto da implantação do Programa de Coleta Seletiva municipal, em relação à geração total de resíduos no período analisado. As Figuras 5 (a) e (b) exemplificam algumas ferramentas desse programa.



Figura 5 – Ferramentas do Programa de Coleta Seletiva.



a) Carro da Coleta Seletiva



b) Ponto de Entrega Voluntária - PEV

Fonte: Autores

Além das medidas de estatística descritiva como média, mediana, desvio padrão, Coeficiente de Variação (C.V.) e erro padrão, para identificar matematicamente se há pontos fora da curva, chamado de *outlier*, foi realizado o Teste Tau de Thompson. Esse teste é recomendado pela *Measurement Uncertainty, Part I, PTC 19.1-1998*, da *American Society of Mechanical Engineers*. Esse método foi

selecionado por considerar o tamanho da amostra. O Tau de Thompson para cada individuo pode ser determinado pela Equação 1. Os valores de referência são calculados a partir da Equação 2, onde $t_{\alpha,n-2}$ é a estatística da distribuição t de *Student* para um nível de significância (α) e $(n - 2)$ graus de liberdade.

$$\tau_i = \frac{\delta_1}{s} = \left| \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right| \quad (1)$$

$$\tau_{\alpha,n} = \frac{t_{\alpha,n-2} (n-1)}{\sqrt{n} \times \sqrt{n-2+(\alpha,n-2)^2}} \quad (2)$$

Após a observação quanto à existência de *outlier*, foi realizada a verificação se há estatisticamente diferença significativa nas médias antes e depois da implantação do Programa de Coleta Seletiva municipal. Para isso, os dados foram organizados em dois grupos, sendo: (i) coletas realizadas do mês de novembro ao mês de maio, e (ii) coletas realizadas do mês de junho ao mês de outubro. Em seguida foi realizado o teste F (MONTGOMERY e RUNGER, 2009), para analisar as variâncias entre esses períodos e compará-los utilizando o teste de hipóteses.

As hipóteses nula e alternativa da análise do teste F a serem testadas na análise de variância são:

- Hipótese nula (H_0): as variâncias dos dois períodos são iguais.
- Hipótese alternativa (H_1): há diferença significativa entre as variâncias.

Posteriormente, considerando o resultado da análise de variância, foi realizado o teste t de *Student* (MONTGOMERY e RUNGER, 2009) para analisar as médias dos períodos e compará-los utilizando o teste de hipóteses.

- Hipótese nula (H_0): as médias dos dois períodos são iguais.
- Hipótese alternativa (H_1): as médias dos dois períodos são diferentes

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período correspondido entre os meses de novembro de 2017 e outubro de 2018, a empresa colaboradora coletou 961,9 toneladas de resíduos, representando uma média de 80,16 toneladas de resíduos recicláveis/mês.

O Panorama Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da região do Médio Jaguaribe aponta que a geração de RSU em Morada Nova corresponde a 56,64 t/dia. Comparando esse valor com a quantidade de resíduos sólidos recicláveis recolhidos pela empresa Reciclagem Morada Nova, percebe-se que a quantidade

média de resíduos recolhidos pela empresa em 1 mês equivalente a apenas 1,4 dias dos resíduos gerados no município.

Esse dado é muito similar ao observado por Campos e Borga (2016) durante investigação na cidade de Caçador (SC), cujo porte mais se assemelha ao porte da cidade de Morada Nova, obtendo a quantidade de 78,26 t/mês.

Em relação à composição dos resíduos recicláveis considerados nesta pesquisa, esses foram identificados e separados de acordo com os critérios de comercialização adotados pela empresa. A Tabela 1 apresenta a quantidade de materiais coletados (em massa). Essa Tabela aponta os resíduos recicláveis identificados nesta pesquisa correspondem a um número mais abrangente de categorias do que as observadas na literatura nacional, coincidindo na maior parte, apenas as categorias papel, papelão, tetra pak e metal.

Tabela 1- Quantitativo dos materiais recolhidos.

Tipo	Ferro	Papelão	Plástico	Papel	Filme Colorido	Filme Branco	Cadeira	Alumínio Misto	
Total (t)	384,66	235,38	169,20	69,54	5,58	15,97	14,59	9,27	
Tipo	PVC	Alumínio	Cobre	Bateria	Melissa	Tetra pak	Metal	Inox	Motor
Total (t)	3,46	1,54	1,00	0,48	0,44	0,30	0,18	0,06	0,03

Fonte: Elaborado pelos autores

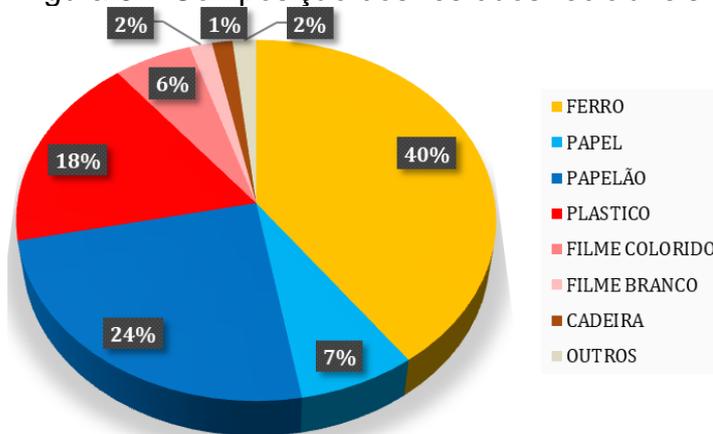
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Segundo o estudo Ciclosoft (2016), realizado pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre) a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos do Brasil é composta principalmente por papel/papelão (os tipos de materiais recicláveis mais coletados por sistemas municipais de coleta seletiva, em massa), seguidos dos plásticos em geral, vidros, metais, embalagens tetra pak, alumínio, metal e outros.

A Figura 6 apresenta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos recicláveis coletados, considerando os valores do ferro, papelão, plástico, papel, filme branco, filme colorido, cadeira e outros (cujo somatório é cerca de 2%). Observa-se que o ferro apresenta-se em maior quantidade, correspondendo a 40% de todo o material recolhido. Isto se deve à maior densidade do ferro e à maior gama de produtos que utilizam esse material em sua composição. Na sequência, papelão (24%), plástico (18%) e papel (7%), se colocando em patamar semelhante, na ordem de classificação, em relação aos estudos comparativos com outras cidades do Brasil,

como Campos e Borga (2016) que trata dos resíduos sólidos recicláveis do município de Caçador (SC).

Figura 6 – Composição dos resíduos recicláveis.

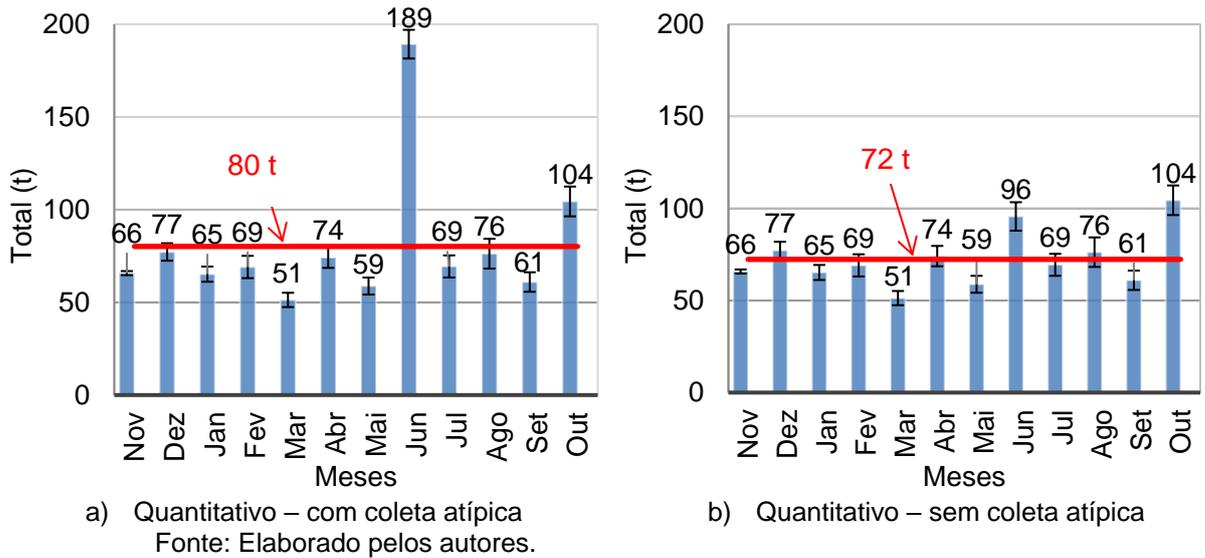


Fonte: Elaborado pelos autores.

As Figuras 7 a) e b) apresentam as quantidades de resíduos ao longo dos 12 meses, período considerado no estudo, respectivamente com e sem essa aquisição atípica de 93,63 toneladas de ferro. Como já mencionado, considerando todas as aquisições, a empresa colaboradora coletou cerca de 80 toneladas de resíduos recicláveis por mês. Quando a aquisição atípica é desconsiderada, essa média é cerca de 72 toneladas de resíduos recicláveis por mês.

No período investigado, os resíduos coletados sofrem variação relativamente próxima durante o mês (com erro padrão máximo de 8% no mês de outubro) e durante o ano, com exceção de junho, que apresenta um valor bem acima da média. Ressalta-se que foi durante esse mês que se iniciou o programa de Coleta Seletiva de Morada Nova, período em que a empresa passou a receber diariamente os recicláveis recolhidos pelos carros do programa e àqueles depositados nos 11 (onze) Pontos de Entrega Voluntária - PEVs instalados nos principais bairros da cidade. No entanto, é importante mencionar que em junho ocorreu a aquisição de uma quantidade significativa de ferro, 93,63 toneladas, junto a uma empresa que executava um Projeto de Transmissão de Energia Elétrica no município.

Figura 7 – Quantidade de material recolhido mensalmente em toneladas.



Além da estatística descritiva com e sem consideração da aquisição atípica de 93,63 toneladas de ferro (Tabela 2), para identificar matematicamente *outliers*, no Teste Tau de Thompson foi realizada iteração, onde todos os valores de τ_i da amostra são comparados com um valor de $t_{\alpha, n}$, sendo $\alpha = 0,05$, $n = 12$ (número de meses) e $\tau = 1.8290$. Para essas condições, é possível apontar com 95% de confiança que a coleta de junho tem indício de ser *outlier*, conforme Figura 8.

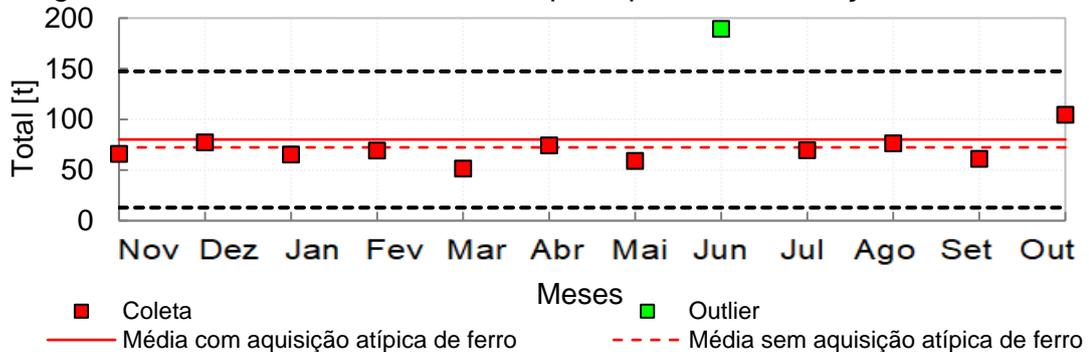


Tabela 2 – Estatística descritiva

Estatística	Antes de retirar aquisição atípica	Após retirar aquisição atípica
Média (\bar{x})	80,16 t	72,36 t
Mediana	69,24 t	69,24 t
Desvio Padrão (s)	36,78 t	15,02 t
C.V.	45,9%	20,8%

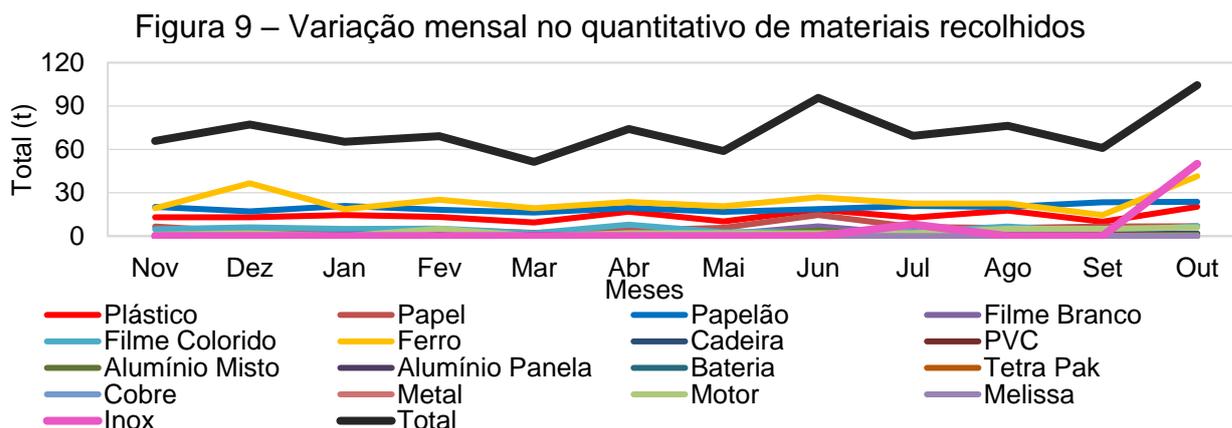
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8 – Teste estatístico de Thompson para determinação de *outliers*



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para verificar o impacto do programa de coleta seletiva no quantitativo de resíduos recolhidos no município, foi avaliada a variação mensal no quantitativo de materiais recolhidos (Figura 9). Por se tratar de um valor atípico de resíduo do tipo ferro e esse não possuir relação com a implantação do programa de coleta seletiva e para não comprometer a interpretação dos dados, optou-se pela supressão do ferro obtido junto à empresa que executa o Projeto de Transmissão de Energia Elétrica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

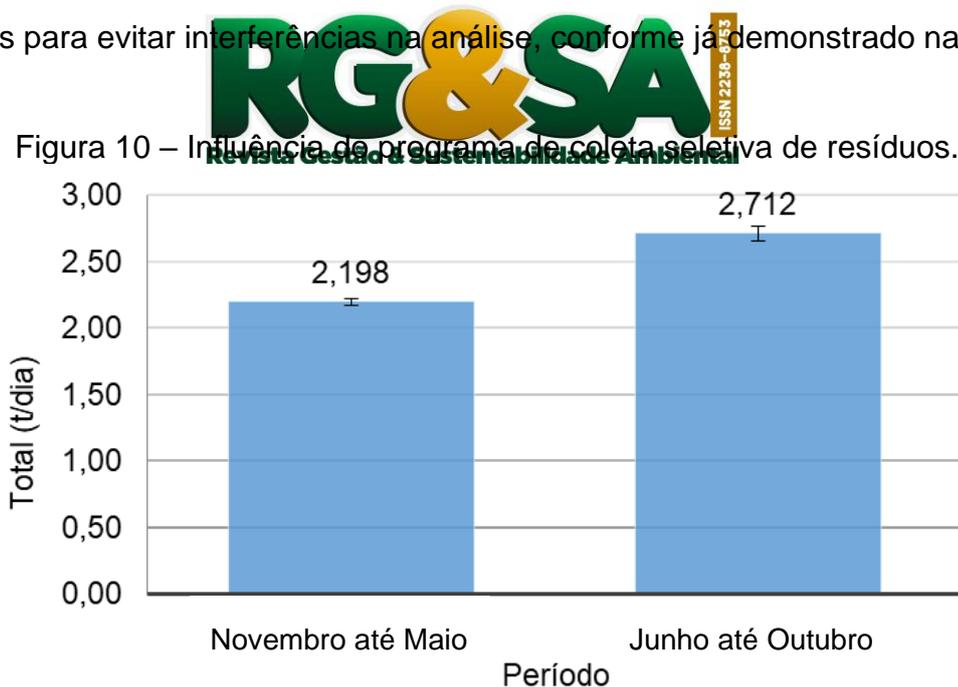


Constata-se que a variação referente ao quantitativo de resíduos do mês de junho (Figura 9) persiste nesse mesmo quando não se contabiliza o valor atípico de ferro advindo da empresa supracitada, indicando que o programa de coleta seletiva impactou no incremento de material coletado. Observa-se ainda que nos demais meses em que houve recolhimento de materiais oriundos da coleta seletiva, também ocorreu um ligeiro crescimento quando comparado aos meses anteriores. Caso em que não se confirma apenas durante o mês de setembro, onde se observa ligeira queda, justificada por alterações no fluxo de transporte do material ocasionada por problemas mecânicos no carro da empresa.

Com relação à quantidade elevada observada no mês de outubro, fazendo deste o mês com maior recolhimento de materiais no período investigado, atribui-se a dois fatores: o primeiro diz respeito ao impacto da coleta seletiva, que assim como nos meses anteriores, também impactou a coleta desse mês; e o segundo refere-se ao fato de esse mês anteceder à data em que ocorre a compactação e coleta do ferro, realizadas pela empresa Gerdau no depósito da Reciclagem Morada Nova e que este atrasara alguns meses, visto normalmente acontecer a cada 3 (três) meses. Assim, foram empenhados esforços extras no recolhimento do material ferro.

Para mensurar o impacto do Programa de Coleta Seletiva municipal, foram realizados ainda os testes F e t de *Student*, analisando respectivamente as variâncias e as médias. No caso da variância, com o P-valor de $1,33^{-15}$ (menor que 5%), o teste rejeita H_0 ao nível de significância de 5%, isto é, as variâncias são diferentes. Assim, as coletas realizadas do mês de novembro ao mês de maio apresentam variâncias diferentes das coletas realizadas do mês de junho ao mês de outubro. Essa informação é importante para indicar na realização do teste t de *Student* que as amostras (dos dois períodos coletados) são independentes e presumem-se variâncias diferentes.

No teste t de *Student*, com o P-valor de $1,03^{-15}$ (menor que 5%), o teste rejeita H_0 ao nível de significância de 5%, isto é, existe diferença significativa entre as médias dos dois períodos, mesmo suprimindo a aquisição atípica de ferro. Assim, construiu-se a Figura 10, sendo apresentada a média e o erro padrão de recolhimento desses resíduos por dia no período anterior à implantação do programa de coleta seletiva e no período posterior à implantação. Os valores atípicos referentes ao ferro foram excluídos para evitar interferências na análise, conforme já demonstrado na Figura 8.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se que a geração média de resíduos por dia entre novembro de 2017 e maio de 2018 (7 meses) foi de 2,198 toneladas, enquanto que entre junho e outubro de 2018 (5 meses), período em que a coleta seletiva passou a ocorrer, esse valor foi de 2,712 toneladas, um acréscimo de 23% na quantidade de resíduos coletados,

atestando o impacto positivo do programa. Esse segundo período apresentou um erro padrão um pouco maior (cerca de 5%). Isso ocorreu tanto pela maior variação das coletas desse período (como os exemplos citados anteriormente dos meses de setembro e outubro), como também pelo menor número de meses levantados após a implantação do programa de coleta seletiva de resíduos.

Apesar dessa maior variação, observa-se que o programa causou um impacto significativo logo no primeiro mês de implantação, junho de 2018 (como sublinhado na Figura 8), fato que se atribui ao impulsionamento que o programa obteve por meio de campanhas de educação ambiental realizadas pelo governo municipal, por meio do IMAMN, que tem atuado em diversos segmentos, com maior ênfase na rede de ensino do município, tanto na pública como também na privada.

De acordo com as informações obtidas no órgão ambiental municipal, as ações de educação ambiental em prol da Coleta Seletiva aconteceram com objetivo de informar, conscientizar e mobilizar a população, incentivando-a a reduzir a geração de resíduos e adotar a coleta seletiva, buscando atingir os estabelecimentos comerciais e toda a sociedade de Morada Nova por meio de visitas porta a porta, divulgação de mídias em rádios locais, redes sociais e com panfletagem por meio de *blitz* educativas. Tal ação é validada por Lima e Costa (2016). Esses citaram que a educação ambiental é essencial para o êxito do sistema de coleta seletiva por ser um instrumento de transformação, essencial para a construção de uma consciência crítica sobre o meio ambiente.

É possível mensurar a influência da educação ambiental por meio da adesão da população à coleta seletiva. No entanto, para manter a eficiência desta coleta, há a necessidade do desenvolvimento de um trabalho de educação ambiental continuado que contribua para a maturação do senso de responsabilidade socioambiental dos cidadãos.

Embora conte com o apoio da coleta seletiva municipal, do programa ECOENEL e de vários catadores, a responsável pela empresa investigada reconhece que muito material ainda é desperdiçado por falta de compreensão da população que, na maioria dos casos, não separa de forma adequada o material potencialmente reciclável do lixo comum. Uma parte considerável dos resíduos coletados e registrados neste estudo foi recolhida do lixão, e embora misturada com os rejeitos a céu aberto, foi selecionada e separada por catadores que lá “trabalham” e de lá retiram

seu sustento. Dessa forma, é possível perceber que diversos resíduos potencialmente recicláveis ainda são encaminhados ao lixão (Figura 11). Mesmo diante do importante trabalho realizado pelo município em relação à coleta seletiva, ainda são necessárias ações complementares que visem à conscientização do maior número de pessoas sobre a importância de se realizar, diariamente e de forma adequada, a separação dos resíduos em suas residências.

Figura 11 – Materiais recicláveis recolhidos pela empresa no lixão.



Fonte: Os autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou diagnosticar os RSUs do município de Morada Nova-CE, com o intuito de identificar os resíduos sólidos recicláveis coletados, comparando o quantitativo de resíduos desta pesquisa com a quantificação de municípios de porte semelhante.

A partir deste estudo foi possível identificar que os resíduos sólidos recicláveis de Morada Nova, destinados à Reciclagem Morada Nova, compõem uma vasta categoria com potencial econômico no mercado da reciclagem.

Diante do levantamento bibliográfico realizado acerca dos RSUs nos municípios brasileiros, foi constatado que a maioria dos resíduos possui um grande

potencial para reciclagem que, além de gerar emprego e renda para quem está no ramo, ainda contribui com a preservação do meio ambiente.

Quando comparados aos estudos realizados em outros municípios do Brasil, foram identificados valores aproximados no quantitativo do material reciclável coletado em cidades de mesmo porte populacional, no entanto, permanecem muito distantes quando comparados com outras cidades consideradas modelo em coleta seletiva e reciclagem. Assim, apesar de Morada Nova contar com um estruturado sistema de Coleta Seletiva, com diversos agentes participando do processo (empresa privada, órgãos públicos, catadores e cidadãos), ainda necessita melhorar suas práticas objetivando resultados mais significativos com a reciclagem.

Por meio da análise das informações sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos coletados pela empresa Reciclagem Morada Nova, percebe-se a existência de diversos benefícios gerados pela reciclagem no município. Dentre esses benefícios podemos citar aqueles que estão diretamente relacionados com a economia de Morada Nova, onde há grande aproveitamento desses materiais. A referida empresa em parceria com os catadores geram renda para a família destes, que tiram seu sustento da venda de materiais recicláveis.

Após o diagnóstico, verificou-se que a gestão de parte desses resíduos vai de encontro ao que é estabelecida nas políticas voltadas ao meio ambiente, a redução em especial, compreendendo um conjunto de ações relacionadas ao controle da geração, coleta, transporte, armazenamento, processamento e reciclagem.

Com a implementação da coleta seletiva, os materiais recicláveis passaram a ser depositados nos PEVs, onde é feita a separação manual dos resíduos, porém os materiais orgânicos e hospitalares ainda são depositados no meio ambiente de forma irregular, comprometendo a saúde pública da população e o meio ambiente.

Podemos destacar também que além do depósito irregular de lixo a céu aberto (lixão) na referida cidade, a população ainda descarta resíduos em terrenos baldios, encostas, rios, entre outros locais. Os bairros mais distantes da sede não são contemplados com a coleta seletiva, pela a dificuldade de acesso. Diante disso, ainda falta a conscientização por parte da população quanto à destinação final desses resíduos, pois a eficácia da coleta de lixo depende do bom planejamento técnico, da participação da comunidade em parceria com os órgãos responsáveis pelos serviços de coleta.

Apesar de Morada Nova participar de consórcio para construção de aterro sanitário devidamente licenciado e as obras estarem em andamento, o envio dos resíduos para o aterro não é suficiente para se promover o desenvolvimento sustentável. As políticas públicas municipais são insuficientes e o meio ambiente não está preparado para decompor tantos resíduos com tantas composições físico-químicas diferentes, acarretando em degradação ambiental e consequente perda na qualidade de vida da população moradanovense.

Essa realidade demanda um grande compromisso municipal na escolha de soluções adequadas, de tecnologias e de investimentos compatíveis com o contexto local e com a implantação da coleta seletiva com remuneração justa ao serviço prestado pelos catadores de materiais recicláveis.

Considerando os resultados obtidos, é imperativa a necessidade de ações continuadas de educação ambiental no município, objetivando maior adesão da população ao programa de coleta seletiva, buscando modificar os hábitos de consumo e de descarte dos resíduos sólidos. Assim, torna-se necessário definir estratégias para promover a redução de resíduos nas fontes geradoras por meio de educação ambiental permanente, a coleta seletiva com inclusão de catadores e metas de redução de disposição de resíduos no solo, por meio de um plano de gestão abrangente, integrado e pactuado com a sociedade.

Com as informações apresentadas neste artigo, percebe-se que o município de Morada Nova procura seguir a PNRS (Lei 12.305, 2010). No entanto, para que seja possível alcançar as metas estabelecidas e colocar em prática os regulamentos estabelecidos pela PNRS, é fundamental que haja o acompanhamento do cumprimento desta lei, ou seja, fiscalização.

Portanto, o avanço na conscientização sobre a importância e benefícios econômicos e socioambientais gerados pela atividade de reciclagem de resíduos, por parte de todos os agentes envolvidos na gestão de RSU no município de Morada Nova, órgãos públicos, catadores associados e sociedade, podem impulsionar o mercado de reciclagem no município.



REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2007). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016**. São Paulo.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. São Paulo.

BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte. Ed. Tessitura, 2012

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 22 set. 2018.

CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T. Levantamento da geração anual dos resíduos sólidos recicláveis do município de Caçador-SC. **Revista Monografias Ambientais**, v. 15, n. 1, p. 209-219, 2016.

CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T.; SARTOREL, A. Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos do município de Iomerê/SC, através de uma análise quantitativa e qualitativa. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 1, p. 64-74, 2017.

CEARÁ, Governo do Estado do. **Panorama Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Região do Médio Jaguaribe** (versão preliminar). Gaia Engenharia Ambiental, p. 103-117, 2018.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Radiografando a Coleta Seletiva**. Disponível em <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/8>. Acesso em: 30 out. 2018.

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**, Aquidabã, v.3, n.2, p.73-90, 2012.

FERREIRA, E. M.; BATISTA, F. V.; RIBEIRO, N. M.; PFEIFFER, S. C. Diagnóstico e proposições para os resíduos sólidos urbanos de Professor Jamil, GO. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 3, p. 27-41, 2015.

GALDINO, S. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional de um município de pequeno porte. **Tecno-Lógica**, v. 20, n. 1, p. 01-08, 2016.

JERONIMO, C. E. M.; CARVALHO, A. M.; ARAÚJO, J. A. Gerenciamento dos resíduos sólidos do município de Natal/RN: Caracterização das cooperativas de catadores. **Revista Monografias Ambientais**, v. 10, n. 10, p. 2220-2234, 2012.

LIMA, C.; COSTA, A. A importância da educação ambiental para o sistema de Coleta Seletiva: um estudo de caso em Curitiba. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.10, n.2. 2016.

LOMASSO, A. L.; SANTOS, B. R.; ANJOS, F. A. S.; ANDRADE, J. C.; SILVA, L. A.; SANTOS, Q. R.; CARVALHO, A. C. M. Benefícios e desafios na implantação da reciclagem: um estudo de caso no Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR). **Revista Pensar Gestão e Administração**, v. 3, n. 2, jan. 2015.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. (2009) **Estatística aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. LTC, Rio de Janeiro, RJ.

PASQUALETTO, A.; ANDRADE, H. F.; PRADO, M. L.; PINA, G. P. R. Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos do município de Caldas Novas, GO. In: **Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. p. 26-30, 2006.

RIBEIRO, B. M. G.; MENDES, C. A. B. Avaliação de parâmetros na estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.422-443, 20 ago. 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rbpd.v7n3.8652>.

SANTOS, G. O.; MOTA, F. B. S. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Fortaleza/CE Dispostos no Aterro Sanitário de Caucaia/CE. **Revista Tecnologia**, v. 31, n. 1, p. 39-50, 2010.

SOUZA, A. F.; D'OLIVEIRA, P. S. Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos no município de Presidente Castelo Branco-PR. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 93-100, 2009.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental