

# Proposta de distribuição espacial de pontos de entrega voluntária para recebimento de resíduos de construção e demolição

## *Spatial distribution proposal for voluntary delivery points for receiving construction and demolition waste*

• **Data de entrada:**  
25/03/2020

• **Data de aprovação:**  
01/07/2022

Maria Aliny Souza Silva<sup>1\*</sup> | Andréa Soares de Oliveira<sup>2</sup> | Caio Álisson Diniz da Silva<sup>2</sup> | Daniel Viana de Freitas<sup>2</sup> | Ellen Maria Sampaio Almeida<sup>2</sup> | Alisson Gadelha de Medeiros<sup>2</sup> | Maria Josicleide Felipe Guedes<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.037>

### ORCID ID

Silva MAS  <https://orcid.org/0000-0002-1656-8165>

Oliveira AS  <https://orcid.org/0000-0003-1089-4071>

Silva CAD  <https://orcid.org/0000-0002-8713-7565>

Freitas DV  <https://orcid.org/0000-0003-0800-0489>

Almeida EMS  <https://orcid.org/0000-0002-9943-9851>

Medeiros AG  <https://orcid.org/0000-0002-3893-2183>

Guedes MJF  <https://orcid.org/0000-0002-1028-1040>

### Resumo

A disposição de forma inadequada dos resíduos de construção e demolição (RCD) resulta em impactos negativos ao meio ambiente e, em decorrência, à sociedade. Nesse contexto, objetivou-se elaborar uma proposta de distribuição espacial de pontos de entrega voluntária (PEV) para recebimento de RCD no município de Mossoró-RN, com um delineamento metodológico abrangente, aplicável a outros municípios. A metodologia consistiu no mapeamento de locais com disposição inadequada de RCD na zona urbana do município, comparação e aplicação de metodologias para indicar a quantidade de PEV necessários, assim como a indicação das áreas adequadas para instalação desses dispositivos. Por meio dos resultados, verificou-se que a implementação de PEV se mostra extremamente necessária diante do número expressivo de áreas de disposição inadequada de RCD identificadas nesta pesquisa, totalizando 897 pontos. Ao término desta análise, foi indicada a instalação de 13 pontos de entrega voluntária no município de Mossoró.

**Palavras-chave:** Obras civis. Disposição inadequada de resíduos. Sistema de informação geográfica. Gerenciamento.

### Abstract

*The improper disposal of construction and demolition waste (CDW) results in negative impacts on the environment and on society. Within this context, through this research, the objective was to develop a proposal for the spatial distribution of voluntary delivery points (VDP) for receiving CDW in Mossoró-RN city, with a comprehensive methodological design applicable to other cities. The methodology consisted of mapping the sites of inadequate disposal of CDW in the urban area of the city, comparing and applying methodologies to indicate the amount of VDP needed, as well as indicating the appropriate areas for installing this equipment. Through the results obtained, it was concluded that the implementation of VDP is extremely necessary in view of the expressive number of areas where inadequate disposal of CDW was identified in this research, totaling 897 points. At the end of this analysis, it was indicated the installation of 13 voluntary delivery points in Mossoró city.*

**Keywords:** Civil works. Inadequate waste disposal. Geographic information system. Management.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - Campina Grande - Paraíba - Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa) - Mossoró - Rio Grande do Norte - Brasil.

\* **Autora correspondente:** maria.aliny18@gmail.com.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o investimento no setor de construção civil e a crescente exigência de habitats nas áreas urbanas criaram uma grande demanda por materiais convencionais, devido ao crescimento econômico e à expansão populacional. A rápida taxa de modernização e industrialização também levou à geração de grandes quantidades de resíduos de construção e demolição (RCD). Grande volume desses resíduos emerge da demolição de obras antigas, mas também da construção de novas obras. Esses RCD são os maiores fluxos de resíduos sólidos em muitos países em todo o mundo (BEHERA et al., 2014).

A disposição de resíduos em grandes áreas urbanas causa problemas como a degradação da paisagem urbana. Além disso, essa disposição está associada à contaminação do solo e da água, devido ao descarte de resíduos perigosos, como amianto e compostos orgânicos voláteis (ESIN; COSGUN, 2007). Segundo Laruccia (2014), a incorreta disposição dos resíduos causa comprometimento no sistema de drenagem, degradação de mananciais, dificulta a circulação de veículos e pessoas nas vias, além de promover a proliferação de uma série de vetores de doenças, como baratas, ratos, escorpiões, moscas e outros.

No Brasil, cerca de 45 milhões de toneladas de RCD foram produzidas em 2017, o que equivale a 57% do total de resíduos sólidos produzidos no país (ABRELPE, 2017). Vale ressaltar que a quantidade de resíduos gerada é ainda maior, pois a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) leva em consideração apenas a quantidade de resíduos coletada pelos municípios de forma direta ou por contratação de terceiros, e não contabiliza a quantidade de RCD coletada pelo próprio gerador ou por empresas privadas.

Mossoró, segundo maior município do estado do Rio de Grande do Norte, tem sido destaque

nacional por conta do seu rápido processo de urbanização e crescimento econômico, principalmente devido à exploração do petróleo e à construção civil. Com isso, há uma crescente geração de resíduos, o que acarreta em problemas referentes ao seu gerenciamento adequado (SILVA; MORAIS, 2015).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída por meio da Lei nº 12.305/2010, impõe a responsabilidade da disposição final dos resíduos sólidos de forma compartilhada entre os geradores de resíduos, os cidadãos e os titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2010).

Após uma década da implementação da PNRS, algumas de suas metas ainda não foram alcançadas, a exemplo da substituição de lixões por aterros sanitários. De acordo com o panorama dos resíduos sólidos do Brasil (ABRELPE, 2017), 40,9% dos resíduos sólidos coletados foram despejados em locais inadequados por 3.352 municípios brasileiros, totalizando mais 29 milhões de toneladas de resíduos em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, com impactos diretos à saúde de milhões de pessoas.

A inexistência de políticas públicas que facilitem a fiscalização da coleta e disposição desses resíduos favorece o surgimento de vários pontos de deposição irregular de RCD, predominantemente nas áreas mais periféricas das cidades, aumentando os gastos públicos para uma gestão corretiva (HOLANDA et al., 2018).

Uma alternativa de gerenciamento de resíduos de construção e demolição para os pequenos geradores é a instalação de pontos de entrega voluntária (PEV) em determinadas regiões. Os PEV são instalados em uma área pública adequada, projetada para receber RCD de pequenos geradores, sendo, geralmente, definido um limite de

1 m<sup>3</sup> de resíduo por usuário (OLIVEIRA; PASCHOALIN FILHO, 2016). O ideal é que esses pontos sejam localizados em áreas públicas ou privadas, cedidas ao poder municipal, onde já existem disposições irregulares.

Nesse sentido, o gerenciamento dos resíduos de construção e demolição se mostra como uma tarefa de extrema importância, fazendo-se necessário aperfeiçoar os mecanismos de tomada de decisões. Com esse intuito, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) vêm sendo cada vez mais utilizados, visto que contam com a vantagem de armazenamento, recuperação e análise de quantidades consideráveis de dados de diversas fontes, além de exibir os resultados com facilidade, fornecendo soluções eficazes nas mais diversas disciplinas (YILDİRİM et al., 2018; GBANIE et al., 2013). Como aplicações relacionadas à análise e instalação de PEV, merecem destaque os trabalhos desenvolvidos por Paz et al. (2018), Rosado e Penteadó (2018) e Geus et al. (2019). Já as pesquisas realizadas por Dutra et al. (2019), Carrilho et al. (2018) e Poague et al. (2018) retrataram

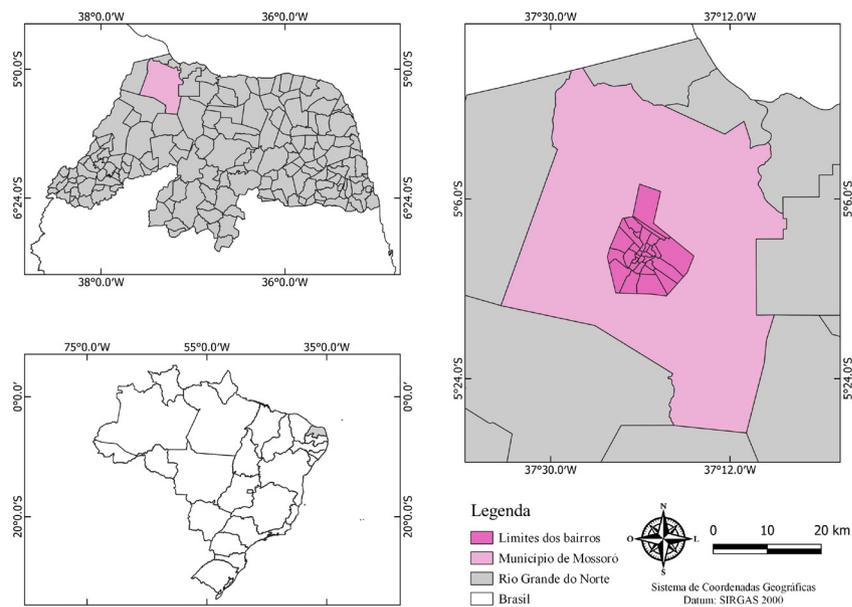
aspectos relativos à seleção de áreas para instalação de aterros sanitários por meio de SIG.

Assim, neste artigo objetivou-se elaborar uma proposta de distribuição espacial de pontos de entrega voluntária para recebimento de resíduos de construção e demolição no município de Mossoró-RN, utilizando técnicas de geoprocessamento, com um delineamento metodológico abrangente, aplicável a outros municípios.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de Mossoró-RN, que se encontra localizado entre duas importantes capitais do Nordeste brasileiro, Natal-RN e Fortaleza-CE, distante a 278 e 245 km, respectivamente (Fig. 1). Possui uma área territorial de 2.099,333 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019a), com população estimada em 297.378 habitantes (IBGE, 2019a) e densidade demográfica de 123,76 hab.km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).



**Figura 1** - Área de abrangência da pesquisa  
Fonte: Autoria própria (2019).

## 2.2 Identificação dos locais com disposição inadequada de resíduos

O primeiro passo no desenvolvimento da pesquisa foi a identificação dos pontos de disposição irregular de RCD, dentro da área urbanizada do município, por meio de observação direta. Foram realizadas viagens de carro pelas vias da cidade, e os percursos foram planejados a partir dos limites dos bairros, disponibilizados pela prefeitura do município, em formato *shapefile*, garantindo a passagem por todas as ruas e atingindo 1 ou 2 bairros por dia, a depender da área abrangida. Os pontos identificados foram catalogados utilizando o aplicativo *Google Maps*, para definição das coordenadas geográficas, e câmera para registro fotográfico.

## 2.3 Quantificação dos pontos de entrega voluntária

Para definir a quantidade de pontos de entrega voluntária a serem instalados, foi realizada uma comparação entre 03 (três) métodos: MMA (2010), Peixoto, Campos e D'Agosto (2006) e Scremin (2007).

Os Ministérios do Meio Ambiente e das Cidades desenvolveram, durante o planejamento dos investimentos para o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), uma modelagem da distribuição das áreas de manejo para os diversos portes de municípios, de forma que sempre pudessem ser indicadas soluções para a correção das carências de gestão nas localidades brasileiras (MMA, 2010). Na Tabela 1 são apresentadas as definições realizadas pelos ministérios.

**Tabela 1** - Definição das instalações para manejo de resíduos da construção e demolição e volumosos, da responsabilidade pública, em municípios com dimensões típicas

População aproximada (habitantes)	Resíduos com entrega voluntária em pequenas quantidades	Resíduos oriundos da limpeza corretiva	Resíduos oriundos das obras públicas	Destinação final do RCD <sup>1</sup> classe A	Nº de instalações	Norma Técnica Brasileira
200 mil	PEV <sup>2</sup>	ATT <sup>3</sup>	Aterro RCD		PEV - 8	NBR 15.112
					ATT - 2	NBR 15.112
					Aterros - 2	NBR 15.113
100 mil	PEV	ATT	Aterro RCD		PEV - 4	NBR 15.112
					ATT - 1	NBR 15.112
					Aterro - 1	NBR 15.113
75 mil	PEV	ATT	Aterro RCD		PEV - 3	NBR 15.112
					ATT - 1	NBR 15.112
						NBR 15.113
50 mil a 25 mil		PEV Central PEV Central Simplificado	Aterro RCD		PEV Cent - 1	NBR 15.112
					PEV Sim. - 1	NBR 15.112
					Aterro - 1	NBR 15.113
Abaixo de 25 mil		PEV Central	Aterro RCD		PEV Cent. - 1	NBR 15.112
						NBR 15.113

RCD<sup>1</sup>: resíduos da construção e demolição; PEV<sup>2</sup>: ponto de entrega voluntária; ATT<sup>3</sup>: área de transbordo e triagem

Fonte: MMA (2010).

Peixoto, Campos e D'Agosto (2006) elaboraram a Eq. 1 para estimar a quantidade de PEV que são necessários para abranger a área de estudo, em função da quantidade de resíduos produzidos, a frequência de coleta e a capacidade dos contentores de armazenamento.

$$N_{PEV} = \frac{Q_{rt}}{C_c f} \quad (1)$$

Onde:

$N_{PEV}$ : número de PEV;

$Q_{rt}$ : quantidade de RCD gerada semanalmente, em toneladas;

$C_c$ : capacidade de carga do contêiner, em toneladas;  
 $f$ : frequência de coleta, em vezes por semana.

Scremin (2007) fornece uma metodologia para estimar o número de PEV a ser instalado. O cálculo é realizado de acordo com a área urbana analisada, e o raio de abrangência, definido segundo a topografia local (plana,  $R = 2,5$  km; ondulada,  $R = 2,0$  km; e acidentada,  $R = 1,5$  km). A estimativa é obtida de acordo com a Eq. 2:

$$N_{PEV} = \frac{A_u}{\pi R^2} \quad (2)$$

Onde:

$N_{PEV}$ : número de PEV;

$A_u$ : área urbana da cidade, em quilômetros quadrados;

$R$ : raio de cobertura, em quilômetros.

## 2.4 Distribuição espacial dos pontos de entrega voluntária

A partir das viagens realizadas para a identificação dos pontos de disposição irregular de RCD, foi possível reconhecer e validar a área urbanizada do município e também a área visitada e a não visitada, com auxílio do *software* Google Earth Pro, tendo como base *layers* do município fornecidos pela prefeitura e pelo IBGE (2019b). Essas informações foram inseridas no *software* QGIS 3.4, gerando um arquivo vetorial no formato *shapefile* que, em conjunto com o levantamento das coordenadas geográficas dos pontos, construiu um banco de dados em SIG. Foram desenvolvidos mapas da distribuição espacial de

pequenos acúmulos de RCD dentro da área urbanizada do município.

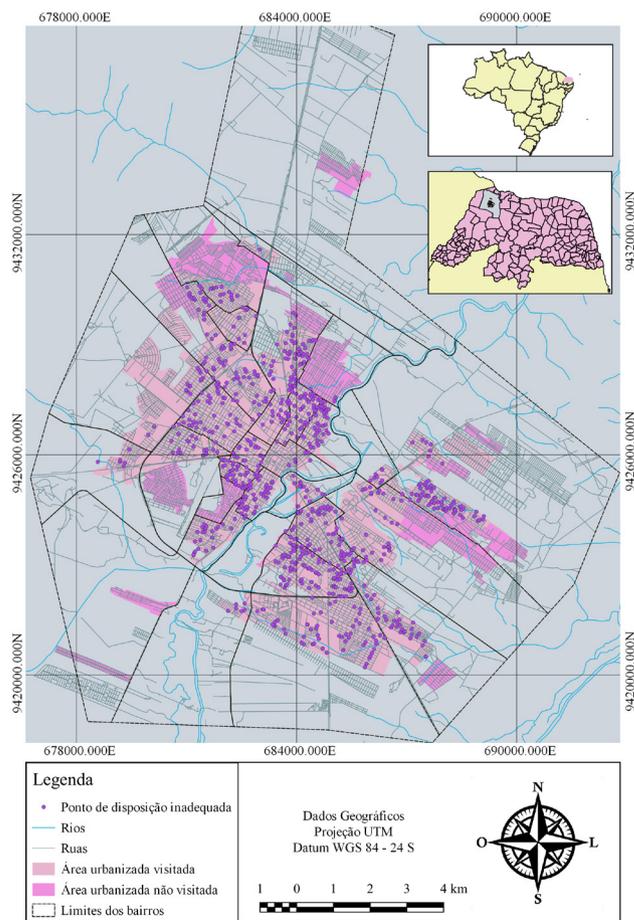
Com utilização de metodologia adaptada de Ornelas (2011), foi composta uma superfície de densidade Kernel, por meio do *software* QGIS 3.4, no qual, para cada ponto de disposição inadequada de RCD, um *buffer* de 200 m foi delineado, e assim foram verificadas as áreas com maiores concentrações de pontos. Essa concentração de pontos foi dividida em cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Por meio dessas considerações, bem como um levantamento dos lotes aptos para instalação, identificados por meio de imagens do Google Earth Pro, foram propostos os locais dos PEV.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Identificação dos locais com disposição inadequada de resíduos

Na Fig. 2 se apresenta a distribuição dos pontos de disposição inadequada de resíduos da construção e demolição no perímetro urbano do município de Mossoró-RN, das áreas que foram abrangidas na pesquisa. Na Tabela 2 são apresentadas as quantidades de pontos.

A área urbana de Mossoró possui 190,71 km<sup>2</sup>; destes, por meio das informações apresentadas na Fig. 2, 52,25 km<sup>2</sup> têm área construída. Dessa área, 77% foi visitada e contabilizaram-se 897 pontos de RCD, dispostos de forma irregular, em vias e terrenos baldios ao longo dos bairros do município, evidenciados na Tabela 2. Não foi possível visitar 100% da área urbana porque alguns locais são de difícil acesso, bem como por questões geográficas e de segurança.



**Figura 2** - Distribuição espacial de resíduos da construção e demolição na área urbanizada de Mossoró-RN  
**Fonte:** Autoria própria (2019).

**Tabela 2** - Distribuição de locais com disposição inadequada de resíduos de construção e demolição por bairros de Mossoró-RN

Bairro	Nº de pontos	Área total (km <sup>2</sup> )	Área urbanizada (km <sup>2</sup> )	Área visitada (km <sup>2</sup> )	Densidade de pontos (pontos.km <sup>-2</sup> )
Abolição	68	7,39	4,46	3,85	17,66
Aeroporto	21	4,97	2,71	1,56	13,46
Alto da Conceição	49	1,10	0,86	0,86	56,98
Alto de São Manoel	57	2,00	2,00	2,00	28,50
Alagados	0	2,51	0,10	0,00	-
Barrocas	0	3,34	1,81	0,00	-
Bela Vista	16	11,60	3,64	3,64	4,40
Belo Horizonte	25	1,83	1,28	1,28	19,53
Boa Vista	34	0,53	0,53	0,53	64,15
Bom Jardim	41	1,00	1,00	1,00	41,00
Bom Jesus	7	9,93	0,34	0,34	20,59
Centro	7	1,36	0,87	0,87	8,05
Dix Sept Rosado	9	6,84	0,86	0,86	10,47
Dom Jaime Câmara	44	8,10	2,35	1,87	23,53
Doze Anos	23	0,73	0,73	0,73	31,51
Ilha de Santa Luzia	16	1,38	0,55	0,55	29,09
Itapetinga	0	14,00	0,87	0,00	-

continua...

Tabela 2 - Continuação...

Bairro	Nº de pontos	Área total (km <sup>2</sup> )	Área urbanizada (km <sup>2</sup> )	Área visitada (km <sup>2</sup> )	Densidade de pontos (pontos.km <sup>-2</sup> )
Lagoa do Mato	0	0,80	0,59	0,00	-
Monsenhor Américo	8	1,00	1,00	1,00	8,00
Nova Betânia	47	2,14	2,14	2,14	21,96
Paredões	49	1,76	0,86	0,86	56,98
Pintos	9	2,10	0,28	0,28	32,14
Planalto 13 de Maio	100	3,00	2,43	2,43	41,15
Presidente Costa e Silva	36	12,30	4,94	3,10	11,61
Redenção	1	3,76	0,35	0,30	3,33
Rincão	71	27,90	1,72	1,04	68,27
Santa Delmira	16	5,62	3,73	1,29	12,40
Santa Júlia	0	29,90	0,81	0,00	-
Santo Antônio	89	5,22	3,34	2,74	32,48
Sumaré	54	16,60	5,10	5,10	10,59
Total	897	190,71	52,25	40,22	-

Fonte: Autoria própria (2019).

Apura-se em média uma densidade de aproximadamente 22 pontos.km<sup>-2</sup> de RCD em área urbanizada visitada no município de Mossoró, de acordo com a Tabela 2. O bairro do Rincão é o de maior densidade de pontos de RCD, com um total de 68,27 pontos.km<sup>-2</sup>. Esse bairro é constituído por um conjunto habitacional projetado, o Vingt Rosado, que foi lançado nos anos 90, com casas em padrões construtivos de programas sociais. Com o tempo, é comum que os proprietários de imóveis nesses padrões executem mudanças em suas edificações, o que impulsiona a geração de RCD. O Planalto 13 de Maio é outro exemplo de conjunto habitacional por programas sociais, sendo o bairro com maior número de disposições inadequadas de RCD.

Santo Antônio, Abolição, Alto de São Manoel, Paredões e Nova Betânia são, ao lado do Planalto 13 de Maio, os bairros que acumulam maiores números de locais de disposição inadequada de resíduos de construção e demolição, perfazendo aproximadamente 46% do total de pontos catalogados. Um aspecto a considerar sobre esses bairros é que todos passam por um processo de crescimento socioeconômico, apresentando mudanças em seu uso e ocupação do solo, de um uso tipicamente residencial para misto, além de

processo de expansão urbana vertical, com empreendimentos residenciais. O bairro Santa Júlia não foi visitado, o que justifica a inexistência de pontos na região no mapa apresentado na Fig. 2.

Diante disso, por meio do Programa Resíduo Zero do Plano de Saneamento Básico do Município de Mossoró (MOSSORÓ; START, 2016), tem-se como uma das metas de curto prazo a implantação de ecopontos (pontos de entrega voluntária) no município para recebimento de RCD, resíduos volumosos e podas de árvores. A proposta contida neste artigo visa subsidiar o poder público no alcance dessa meta, bem como apresentar um encadeamento metodológico robusto para subsidiar outros municípios.

### 3.2 Quantificação dos pontos de entrega voluntária

Foi realizada uma comparação entre 03 (três) métodos utilizados para definir a quantidade de pontos de entrega voluntária a serem instalados. De acordo com os dados levantados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, em seu componente sobre Resíduos Sólidos (SNIS-RS), o indicador médio de resíduos sólidos urbanos produzidos por habitantes no mu-

nicípio de Mossoró, para o ano de 2017, é de 0,97 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (SNIS, 2019). Cabe destacar que nesta pesquisa foi utilizado um valor médio de 1 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, excluindo-se os valores apresentados para os anos de 2006, 2011 e 2013. A discrepância desses valores sugere inconsistência dos dados, conforme explicitado por Mossoró e Start (2016).

Estima-se que de 50 a 70% dos resíduos urbanos coletados sejam resíduos de construção e demolição (MARQUES NETO, 2005; PINTO, 1999). Utilizando a média dos valores (60%), tem-se que a geração de RCD é de 0,6 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, resultando

em uma geração de 4,2 kg.hab<sup>-1</sup>.semana<sup>-1</sup>. Para obter a geração de resíduos para cada bairro, foi multiplicado o valor produzido por habitante pela quantidade de habitantes de cada bairro. O outro dado a ser encontrado é a capacidade de condicionamento do PEV. Utilizou-se o valor de 25 toneladas (o que corresponde a 4 containers de 5 m<sup>3</sup>), considerando que o modelo do PEV a ser instalado pode seguir o modelo desenvolvido por Gomes (2009). A frequência da coleta realizada é de três vezes por semana, de acordo com o Plano de Saneamento Básico do Município de Mossoró (MOSSORÓ; START, 2016). O resultado é apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3** - Relação de bairros com a quantidade de resíduos de construção e demolição gerados semanalmente e o número de pontos de entrega voluntária a serem instalados

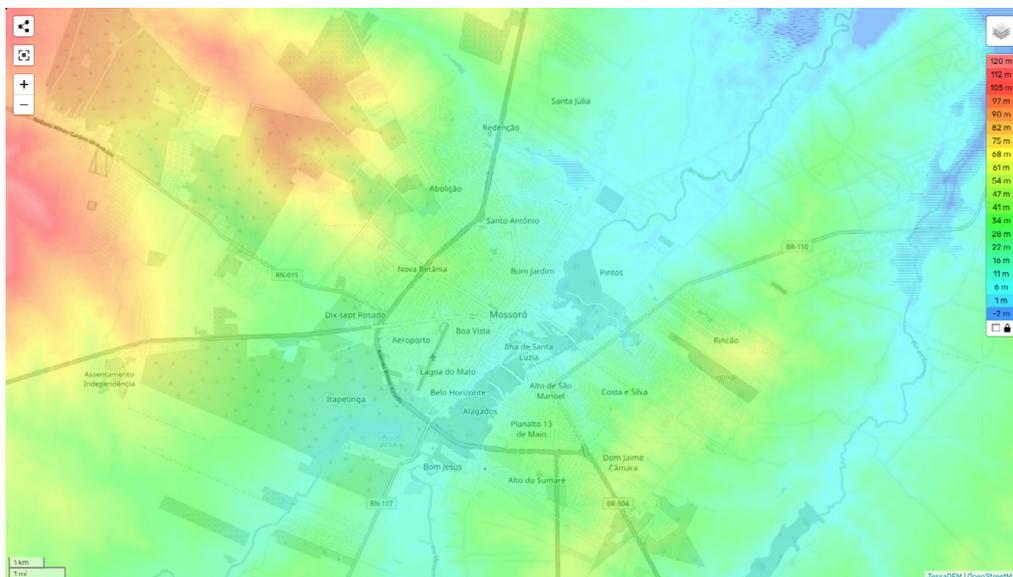
Bairro	População	Q <sub>RT</sub> (kg.semana <sup>-1</sup> )	N <sub>PEV</sub>
Abolição	24.741	103.912,20	1,4
Aeroporto	17.889	75.133,80	1,0
Alagados	164	688,80	0,0
Alto da Conceição	5.543	23.280,60	0,3
Alto de São Manoel	18.336	77.011,20	1,0
Alto de Sumaré	6.483	27.228,60	0,4
Barrocas	20.372	85.562,40	1,1
Belo Horizonte	8.495	35.679,00	0,5
Boa Vista	6.964	29.248,80	0,4
Bom Jardim	10.844	45.544,80	0,6
Bom Jesus	1.289	5.413,80	0,1
Centro	2.222	9.332,40	0,1
Dix Sept Rosado	1.715	7.203,00	0,1
Dom Jaime Câmara	11.209	47.077,80	0,6
Doze anos	5.003	21.012,60	0,3
Ilha de Santa Luzia	2.890	12.138,00	0,2
Itapetinga	318	1.335,60	0,0
Lagoa do Mato	14.223	59.736,60	0,8
Nova Betânia	9.071	38.098,20	0,5
Paredões	8.348	35.061,60	0,5
Pintos	2.469	10.369,80	0,1
Planalto 13 de Maio	8.697	36.527,40	0,5
Presidente Costa e Silva	4.737	19.895,40	0,3
Redenção	2.954	12.406,80	0,2
Rincão	9.631	40.450,20	0,5
Santa Delmira	13.527	56.813,40	0,8
Santo Antônio	19.107	80.249,40	1,1
<b>Total</b>	<b>237.241</b>	<b>996.412,20</b>	<b>13</b>

Q<sub>re</sub> (quantidade de resíduos de construção e demolição em t) = população x geração resíduos x 7; N<sub>PEV</sub> (número de pontos de entrega voluntária) = Q<sub>re</sub> / (capacidade containers x frequência de coleta)

Fonte: Autoria própria (2019).

No total, é necessário instalar 13 (treze) PEV no município, de acordo com a metodologia de Peixoto, Campos e D'Agosto (2006). Observa-se, por meio da Tabela 3, que alguns bairros constam com uma quantidade de PEV inferior a 1, ou até mesmo nula, devido ao tamanho da população ser reduzido, o que leva a uma menor geração de resíduos, de maneira que um ponto de entrega voluntária para o local ficaria subutilizado. Logo os moradores desses bairros podem utilizar os pontos de entrega voluntária dos bairros vizinhos.

Para estimar a quantidade de PEV pela metodologia de Scremin (2007), é necessário conhecer a topografia local, que pode ser observada na Fig. 3. Observa-se que, apesar da existência de variações na altitude, de 10 a 80 m aproximadamente, a mudança é suave, o que contribuiu para a escolha do raio para superfícies onduladas ( $R = 2,0$  km). Com a área urbanizada de 52,25 km<sup>2</sup>, conclui-se que seria necessário instalar 4 (quatro) PEV no município.



**Figura 3** - Topografia de Mossoró

Fonte: Topographic-map (2019).

Mossoró possuía 297.378 habitantes em 2019, segundo estimativa feita pelo IBGE (2019a). De acordo com a modelagem realizada por meio da metodologia sugerida pelos Ministérios do Meio Ambiente e das Cidades, para um município com essa população é indicada a instalação de 12 (doze) PEV. O valor obtido pela metodologia de Peixoto, Campos e D'Agosto (2006), 13 (treze) PEV, é o que mais se aproxima do indicado pelo Ministério, por isso vai ser o valor selecionado.

Esse valor é maior que o estipulado pelo Plano de Gerenciamento e Projeto Básico dos Serviços de Limpeza Urbana do Município (MOSSORÓ; START,

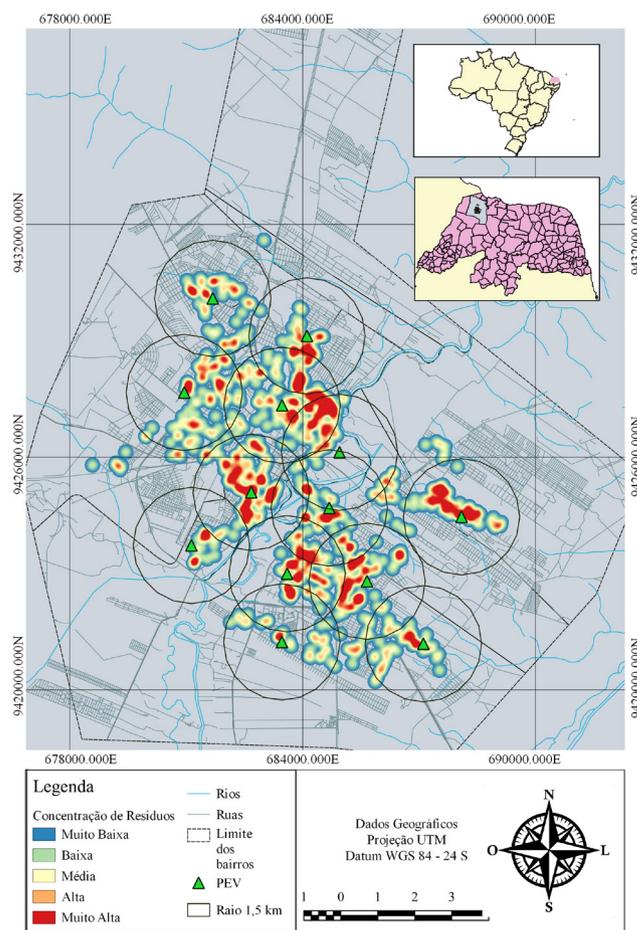
2016), que estabeleceu como meta implantar 10 (dez) ecopontos para que os munícipes destinem os resíduos recicláveis, volumosos, especiais e entulho (desde que até  $1 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ ).

### 3.3 Distribuição espacial dos pontos de entrega voluntária

Com os resultados obtidos pelo mapeamento dos pontos de disposição inadequada, utilizou-se a ferramenta de estimativa de densidade Kernel, do *software* QGIS 3.4, para que fosse possível analisar as áreas com maiores concentrações de pontos.

Assim foi realizada uma análise para selecionar os locais para instalação dos pontos de entrega voluntária. Por meio de observação da camada das imagens de satélite do *plugin QuickMapServices* do repositório do QGIS, sobre a camada de densidade Kernel, foram identificados os lotes desabitados, mais próximos das áreas de concentração muito alta de pontos. Outros fatores considerados para realizar a escolha entre os lotes identificados foram os definidos por Pinto e Gonzáles (2005): fácil acesso dos veículos (existência de ruas pavimentadas), área disponível do lote entre 200 e 600 m<sup>2</sup> (medidas por meio da função \$area) e existência de disposição de resíduos de construção e demolição no local.

Segundo Klein e Gonçalves-Dias (2018), algumas variáveis como a distância, topografia, localização e formas de transporte (incluindo existência ou não de veículo próprio), inerentes à acessibilidade dos pontos de entrega, podem limitar o uso desses dispositivos por uma parcela expressiva da população. Se o custo logístico do transporte dos RCD até os PEV for elevado, resta ao pequeno gerador a opção de descartá-los por meio da locação de caçambas. Por isso, foi observado também que a locação dos PEV, abrangesse a maior área urbana possível, considerando que o equipamento tem um raio de acesso de 1,5 km, de acordo com Pinto e Gonzáles (2005). O resultado é mostrado na Fig. 4.



PEV: ponto de entrega voluntária

**Figura 4** - Concentração de pontos de disposição inadequada de resíduos de construção e demolição e localização dos pontos de entrega voluntária em Mossoró-RN

Fonte: Autoria própria (2019).

Salienta-se que o *layout* proposto para os PEV é o apresentado no Manual para Implantação de Sistema de Gestão de Resíduos de Construção Civil em Consórcios Públicos do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2010), que apresenta a utilização de caçambas para o acondicionamento dos resíduos densos.

Observa-se que os bairros selecionados para instalação dos PEV não foram os mais populosos, de acordo com a indicação na Tabela 3 (apenas 5 foram correspondentes), mas sim os locais com maiores concentrações de resíduos.

Rosado e Penteado (2018) fizeram uma análise da eficiência dos ecopontos de Limeira-SP e verificaram que a implantação dos PEV permitiu a diminuição do volume de resíduos de construção e demolição descartados em áreas públicas e demais locais irregulares. Entretanto, devido a problemas relacionados com a difusão de informações e medidas relacionadas à educação ambiental, foram observados pontos de descarte irregular de resíduos nas áreas próximas aos ecopontos. Um dos motivos relatados pelos colaboradores da Secretaria de Serviços Públicos da cidade é que os munícipes descartam os resíduos em horários em que os ecopontos já estão fechados, principalmente nos finais de semana. Esse problema pode ser solucionado com a ação de fiscalização e multas de menor valor para pessoa física, de maior valor para pessoa jurídica e multa em dobro em caso de reincidência, de acordo com as Leis Municipais nº 4.561/10 e nº 5.300/14 (LIMEIRA, 2010; 2014).

Essa situação também foi relatada em uma pesquisa realizada nos ecopontos do município de São Carlos-SP, onde foram encontrados pequenos descartes clandestinos de RCD e volumosos pulverizados nas proximidades dos ecopontos. O fato pode ser explicado por deficiências na fiscalização, programas de informação e educação

ambiental que incentivem os moradores a realizar o descarte responsável de resíduos (CÓRDOBA et al., 2011).

#### 4 CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver uma proposta para contribuir com o gerenciamento de resíduos da construção e demolição (RCD) no meio urbano, em um município que ainda não possui plano integrado para o gerenciamento de RCD, nem leis municipais que conduzam a implementação dos pontos de entrega voluntária (PEV), mas essas são metas do Plano Municipal de Saneamento Básico.

A distribuição espacial dos PEV para o município foi dimensionada mediante a demanda da população, a localidade das disposições inadequadas dos bairros e os critérios logísticos adequados. Os bairros Abolição, Alto de São Manoel, Paredões e Planalto 13 de Maio apresentaram maiores concentrações de RCD. Um aspecto a considerar sobre esses bairros é que todos passam por um processo de crescimento socioeconômico e de expansão urbana vertical.

Verificou-se a necessidade da instalação de 13 PEV no município para atender à geração de resíduos existente, e as técnicas de geoprocessamento e análise espacial mostraram-se como importantes recursos para localizar áreas adequadas para a instalação de pontos de entrega voluntária.

Acredita-se que o modelo proposto contribuirá ativamente no auxílio ao gerenciamento dos RCD em Mossoró-RN, colaborando no alcance de metas do Plano Municipal de Saneamento Básico. Entretanto, cabe destacar que, embora o estudo tenha sido realizado nesse município, a metodologia empregada é abrangente a outros casos de estudo.

## 5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 07 out. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **DOU**: Brasília, 2010.

BEHERA, M.; BHATTACHARYYA, S.K.; MINOCHA, A.K.; DEOLIYA, R.; MAITI S. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. **Construction and Building Materials**, v. 68, p. 501–516, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.003>>. Acesso em: 07 nov. 2019.

CARRILHO A. N.; CANDIDO H. G.; SOUZA A. D. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG) **Eng. Sanit. Ambient.** v. 23 n. 1, Jan-Fev 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522018142980>>. Acesso em: 29 mai. 2022.

CÓRDOBA, R. E.; FERREIRA, A. G.; D'ALOIA, L. G. P.; CORRÊA, T.; SCHALCH, V. Estudo da eficiência de ecopontos no gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição (RCD) do município de São Carlos-SP. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26., 2011, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2011.

DUTRA, D. J.; SILVA, L. M. R. E.; VIMIEIRO, G. V.; COELHO, C. W. G. A. Seleção de área para construção de aterro sanitário no município de Esmeraldas, MG, a partir da utilização de ferramentas de geoprocessamento. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 13, p. 106-118, 2019.

ESIN, T.; COSGUN, N. A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey. **Building Environment**, v. 42 (4), p. 1667–1674, 2007.

GOMES, C. O. **Proposta de um ponto de entrega voluntária de resíduos da construção civil na região continental de Florianópolis**. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

HOLANDA, M. J. O.; XIMENES, T. C. F.; BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V. Aspectos e impactos ambientais provenientes de RCD em São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho-PE. **Resíduos Sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais**. v. 1, p. 65–75 Recife: EDUFURPE, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em síntese**. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em síntese**. 2019a. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Downloads - Geociência**. 2019b. Disponível em: <[https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencia.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencia.htm)>. Acesso em: 25 out. 2019.

GBANIE, S.; TENGBE, P.; MOMOH, J. S.; MEDO, J.; KABBA, V. T. S. Modelling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone, **Applied Geography** 36, pag. 3-12, 2013.

GEUS, L. M.; MOURA, E. N.; GARCIAS, C. M. Uso do SIG como suporte à definição da localização de pontos de entrega voluntária de resíduos de construção e demolição. **Revista Tecnologia e Sociedade (Online)**, v. 15, p. 23-39, 2019.

KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v.40, p. 483-506, 2017.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e Impactos da Construção Civil. **Revista Eniac Pesquisa**, Perdizes, v. 3, n. 1, p.69-84, 26 mar. 2014. Disponível em: <[https://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/124/pdf\\_21](https://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/124/pdf_21)>. Acesso em: 11 out. 2019.

LIMEIRA. **Lei ordinária nº 4.561, de 3 de maio de 2010**. Estabelece critérios para o depósito de materiais recicláveis, entulhos e material vegetal nos ecopontos e dá outras providências. Limeira, 2010.

LIMEIRA. **Lei nº 5.300, de 3 de abril de 2014**. Altera os dispositivos da Lei n. 4.561, de 03 de maio de 2010, que estabelece critérios para o depósito de materiais recicláveis, entulhos e material vegetal nos Ecopontos e dá outras providências. Limeira, 2014.

MARQUES NETO, J. da C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos**. Brasília, 2010.

MOSSORÓ; START. **Plano municipal de saneamento básico do município de Mossoró-RN**. Produto C – diagnóstico técnico-participativo. Mossoró, 2016. (Versão Preliminar).

OLIVEIRA, R. B.; PASCHOALIN FILHO, J. A. Mapa interativo para a localização de pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis na cidade de São Paulo. **Sistema de Información Científica Redalyc**, México, v. 14, n. 2, p.61-72. 2016. Disponível em:<[www.redalyc.org/articulo.oa?id=81046356001](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81046356001)>. Acesso em: 11 out. 2019.

ORNELAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos Urbanos**. 2001, 101 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PAZ, D. H.; HOLANDA, M. J. O.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Desenvolvimento de um SIG para monitoramento da deposição irregular de resíduos da construção civil em Recife-PE. In: VII Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos, 2018, Recife. **Anais...**

PEIXOTO, K.; CAMPOS, V. B. G.; D'AGOSTO, M. A. Localização de equipamentos para coleta seletiva de lixo reciclável em área urbana. In: 2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. **Anais...** 2006.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <www.reciclagem.pcc.usp.br>. 189f. 1999. Acesso em: 20 nov. 2019.

PINTO, T. de P.; GONZÁLES, J. L. R. (coord.). **Manejo e gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília: CAIXA, 2005.

POAGUE, K. I. H. M.; SILVA, W. R.; REZENDE, V. M.; PEREIRA, A. P. M.; ÁRABE, M. P. SIG na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: estudo de caso em Jundiá SP. **Revista DAE**, v. 66, p. 59-75, 2018.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. Análise da eficiência dos Ecopontos a partir do georreferenciamento de áreas de disposição irregular de resíduos de construção e demolição. **Sociedade e**

**Natureza**, v. 30, n. 2, p. 164-185, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-8>. Acesso em 09 out. 2019.

SILVA, A. L. B.; MORAIS, P. A. R. Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Mossoró-RN. In: VI congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – IBEAS. **Anais - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Porto Alegre: 2015. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/III-004.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SCREMIN, L. B. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos da construção e demolição para municípios de pequeno porte**. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2017**. Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2019.

TOPOGRAPHIC-MAP. **Mapa topográfico Mossoró, mapa de relevo, mapa de altitude**. Disponível em: <https://pt-br.topographic-map.com/maps/gwts/Mossoró/>. Acesso em: 25 nov 2019.

YILDIRIM, V.; MEMISOGLU, T.; BEDIROGLU, S.; COLAK, H. E. (2018). Municipal solid waste landfill site selection using Multi-Criteria Decision Making and GIS: case study of Bursa province. **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v. 26 n. 2, p. 107-119. Disponível em: <https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1364646>. Acesso em: 29 mai. 2022