

III-220 - ANÁLISE DE CUSTOS DE ESTRUTURAS DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE

Amanda Bezerra de Sousa⁽¹⁾

Bacharela em Ciência e Tecnologia e em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFRSA. Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Professora substituta do Departamento de Engenharia Civil da UFRN.

Maiara de Lemos Câmara⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFRN.

Joana Darc Freire de Medeiros⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Mestre em Engenharia Civil pela UFPB. Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

Endereço⁽¹⁾: Rua Berilo Wanderley, 1959 – Lagoa Nova - Natal - RN - CEP: 59.076-700 - Brasil - e-mail: amandabez12@yahoo.com.br

RESUMO

O saneamento básico, conforme a Lei nº 11.445/2007, engloba quatro vertentes fundamentais. São elas o esgotamento sanitário, o manejo das águas pluviais, o abastecimento de água potável e a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos. O propósito desta pesquisa diz respeito ao eixo dos resíduos sólidos, mais especificamente sobre os custos referentes à implantação de estruturas de manejo de resíduos sólidos para municípios de pequeno porte no Estado do Rio Grande do Norte. As estimativas de custo dessas infraestruturas são importantes para os municípios que almejam fazer a destinação ambientalmente adequada de seus resíduos sólidos, visto que é necessário um planejamento prévio para a realização de investimentos. Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar as variáveis que influenciam nos valores referentes à construção de unidades de triagem, estação de transbordo, ponto de entrega voluntária (P.E.V.) e encerramento do lixão, e com isso, propor uma estimativa de custo para essas estruturas em municípios similares aos que foram analisados. Para atingir os referidos objetivos desta pesquisa foi fundamental a realização de uma revisão bibliográfica, bem como o levantamento e a análise de dados secundários baseados em orçamentos existentes de dois consórcios municipais de resíduos sólidos do Estado do RN: Consórcio Público Regional de Saneamento Básico do Vale do Assú e do Consórcio Público Regional de Resíduos Sólidos do Seridó. A partir da análise das planilhas orçamentárias e de correlações com as variáveis e os custos, concluiu-se que para as unidades de triagem o valor é estimado com base na população que a estrutura atende, o encerramento do lixão com o volume de resíduos disposto no local, a estação de transbordo a partir da distância média de transporte do município para cidades centrais e no caso de P.E.V, pelo fato dessa estrutura seguir um modelo padrão para os municípios de pequeno porte, não foi possível encontrar um variável para a função de estimativa de custo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, Estação de transbordo, Unidade de triagem, P.E.V., Encerramento do lixão.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico, conforme a Lei nº 11.445/2007, engloba 4 (quatro) vertentes fundamentais. São elas o esgotamento sanitário, o manejo das águas pluviais, o abastecimento de água potável e a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos. O principal enfoque abordado nesta pesquisa diz respeito ao eixo dos resíduos sólidos, mais especificamente sobre os custos referentes à implantação de estruturas de manejo de resíduos sólidos para municípios de pequeno porte no Estado do Rio Grande do Norte. As estimativas de custo dessas infraestruturas são importantes para os municípios que almejam fazer a destinação ambientalmente adequada de seus resíduos sólidos, visto que se necessita de planejamento prévio para a realização de investimentos.

Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.305/2010, em seu inciso VII do artigo 3º, a destinação final ambientalmente adequada é a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações, entre elas a disposição final. Além disso, ainda segundo a PNRS, quando se trata da disposição final dos resíduos, o ideal é substituir a utilização de lixões por aterros sanitários, na qual a acomodação dos rejeitos é feita de modo regulado e na menor área possível (BRASIL, 2010).

No ano de 2016, conforme a ABRELPE (2016), o quantitativo de municípios no Brasil que fazem a disposição final ambientalmente adequada de seus resíduos era de 2.239 de 5570. Esses dados, comparados com o ano de 2008, no qual apenas 1.092 municípios possuíam a disposição final adequada comprovam que há um avanço na implementação da PNRS, mas ainda não é suficiente para o cenário ideal de erradicação dos lixões (IBGE, 2008). Deste modo, a maior parte dos municípios brasileiros ainda não cumpriram o prazo determinado pela PNRS, ao qual estabelece a implantação de aterros sanitários e a eliminação de aterros controlados e lixões. No Estado do Rio Grande do Norte, 153 municípios dispõem seus resíduos em lixões, 2 em aterros controlado, e apenas 3 em aterros sanitários (BRASIL, 2017), o que demonstra um cenário ainda preocupante em relação a problemática da disposição ideal dos resíduos sólidos no Rio Grande do Norte.

Assim sendo, os gestores que desejam atender à PNRS, devem buscar um manejo adequado dos resíduos municipais, de forma que apenas a disposição em aterros sanitários não será suficiente para efetivar a destinação final ambientalmente adequada, é necessário realizar outras ações, como por exemplo executar o encerramento dos lixões.

Dentro desse contexto, referente à destinação final adequada, se insere a necessidade de avaliar a implantação de novas estruturas de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, sendo elas: estação de transbordo, unidades de triagem e pontos de entrega voluntária (P.E.V.). Essas construções resultam em intervenções importantes no gerenciamento dos resíduos, como a redução dos custos de deslocamento, a seleção para reciclagem, a segregação de resíduos da construção civil, dentre outros processos que os resíduos sólidos passarão para chegarem ao aterro sanitário. Posto isso, é necessário que se realize uma estimativa de custos oriundo da construção dessas novas estruturas, proporcionando aos municípios informações para o planejamento, tendo em vista que, para destinarem seus resíduos em aterros sanitários, é necessário viabilidade técnica e logística.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar as variáveis que influenciam nos valores referentes à construção de unidades de triagem, estação de transbordo, P.E.V. e o encerramento do lixão, e com isso, propor uma estimativa de custo para essas estruturas em municípios de pequeno porte, similares aos que foram analisados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os referidos objetivos desta pesquisa foi fundamental a realização de uma revisão bibliográfica, bem como o levantamento e a análise de dados secundários baseados em orçamentos existentes de dois consórcios municipais do Estado do RN. Esses dados secundários foram obtidos através de consultoria técnica especializada do ano de 2015 realizado pela empresa Geotechnique – Consultoria e Engenharia LTDA (GEOTECHNIQUE, 2015). A revisão bibliográfica consistiu na leitura de artigos científicos, documentos institucionais e páginas eletrônicas relacionadas ao tema abordado, com o intuito de obter informações referentes à operação de manejo de resíduos sólidos. Para o trabalho de análise de dados e cálculos, foi utilizado o software Microsoft Excel.

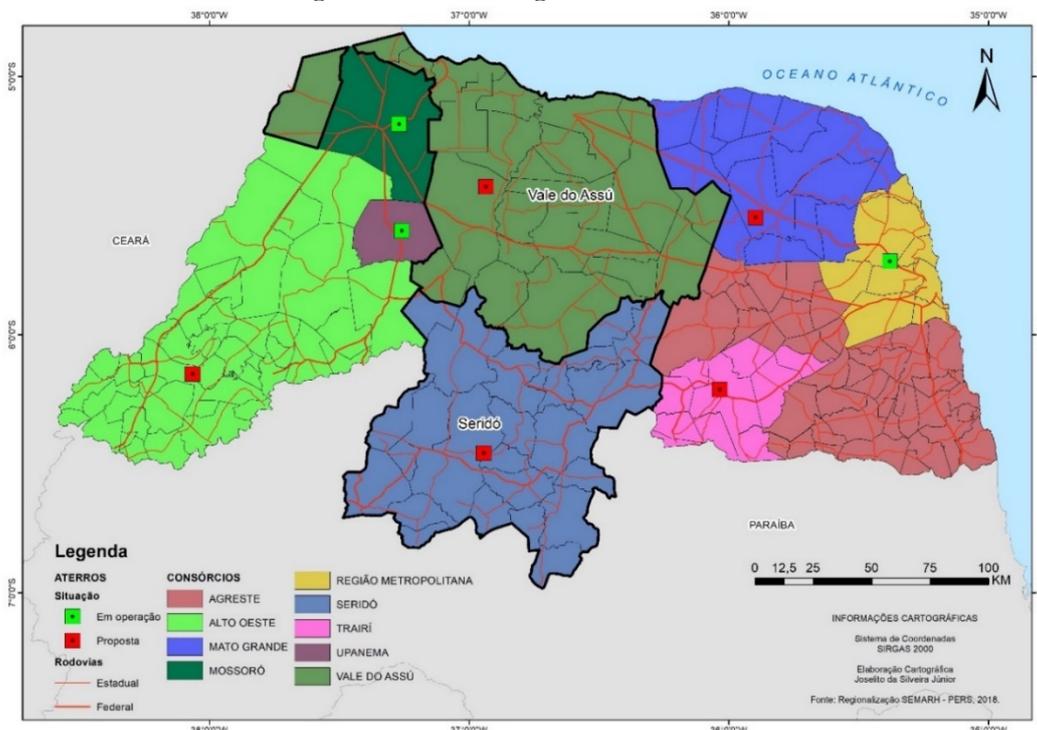
Em relação aos dados oriundos da empresa, destaca-se que foi fornecido para este trabalho os custos de projetos para implantação de estações de transbordo, encerramento dos lixões, implantação de unidade de triagem para coleta seletiva e pontos de entrega voluntária, para os municípios integrantes do Consórcio Público Regional de Saneamento Básico do Vale do Assú e do Consórcio Público Regional de Resíduos Sólidos do Seridó.

A regionalização do Estado do Rio Grande do Norte em sete agrupamentos territoriais, como destacado no mapa acima, foi uma proposta da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), oriunda



da criação de consórcios públicos no Estado do Rio Grande do Norte, dispendo como base o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (RIO GRANDE DO NORTE, 2016). Verifica-se na Figura 1 a divisão do Estado da seguinte forma: Região do Seridó com 25 municípios; Alto Oeste com 44 municípios; Assú-Mossoró com 25 municípios; Região Metropolitana, com 08 municípios; Agreste, com 40 municípios; Mato Grande, com 15 municípios e Trairí com 10 municípios. (RIO GRANDE DO NORTE, 2016).

Figura 1: Mapa dos consórcios de Resíduos Sólidos e aterros sanitários do Estado do RN – destaque para Região do Seridó e Região do Vale do Assú



Fonte: Adaptado de RODRIGUES et al., 2018.

Quanto à caracterização dos municípios estudados das Regiões do Vale do Assú e Seridó, listados na Tabela 1, verifica-se que em relação as suas populações urbanas, há uma média de 8.926 habitantes por município. E, dos dados analisados, a menor população urbana encontrada é de 990 habitantes, município de Pedra Preta (Região Vale do Assú) e a maior população urbana é do município de Caicó (Região do Seridó), com 57.461 habitantes.

Tabela 1: Municípios integrantes do Consórcio Público Regional de Saneamento Básico do Vale do Assú e do Consórcio Público Regional de Resíduos Sólidos do Seridó.

Regionalização	Municípios
Vale do Assú	Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Angicos, Areia Branca, Assú, Baraúna, Carnaubais, Espírito Santo do Oeste (Paraú), Fernando Pedroza, Grossos, Guamaré, Ipanguaçu, Itajá, Lajes, Macau, Pedra Preta, Pedro Avelino, Pendências, Porto do Mangue, Santana do Matos, São Rafael, Serra do Mel, Tibau, Mossoró e Upanema.
Seridó	Acari, Bodó, Caicó, Carnaúba dos Dantas, Cerro Corá, Cruzeta, Currais Novos, Equador, Florânia, Ipueira, Jardim de Piranhas, Jardim do Seridó, Jucurutu, Lagoa Nova, Ouro Branco, Parelhas, Santana do Seridó, São Fernando, São João do Sabugi, São José do Seridó, São Vicente, Serra Negra do Norte, Tenente Laurentino Cruz, Timbaúba dos Batistas e Triunfo Potiguar

Fonte: RIO GRANDE DO NORTE, 2016.

A quantidade de municípios por estrutura analisada possui uma variação, foram disponibilizados dados para 20 municípios no que diz respeito às estações de transbordo, 37 municípios para análise das unidades de triagem e encerramento do lixão, e 15 municípios com dados de Pontos de Entrega Voluntária.

A análise dos dados de custo da implementação das estruturas foi iniciada a partir da leitura do Projeto Executivo, que contém o Memorial Descritivo, as Especificações, Planilha de Orçamentação de Obras e os Desenhos dos projetos. A partir desses documentos, foram elaboradas planilhas no Excel para cada estrutura (P.E.V., estação de transbordo, unidade de triagem e encerramento do lixão). Com isso, para comparar as informações extraídas nas planilhas produzidas, foram elaborados gráficos que associam os custos com as variáveis e analisado a relação entre eles por meio do método estatístico de correlação ao quadrado ou coeficiente de determinação (R^2), calculado pelo Excel.

A primeira variável analisada para todas as estruturas foram os dados populacionais coletados através do Censo Demográfico do IBGE, referente ao ano de 2010, valores adotados pela empresa de consultoria como base para elaboração dos custos. Quando a correlação encontrada era baixa, outras variáveis foram testadas e analisadas no intuito de se encontrar uma correlação mais forte. Quanto aos custos apresentados na composição orçamentária, destaca-se que foram retirados da tabela de custos unitários de obras e serviços dos seguintes sistemas: SINAPI RN do mês de referência Junho/2014 e SICRO 2 RN do mês de Maio/2014. Além dessas bases se utilizaram composições próprias originadas de cotações de mercado.

RESULTADOS OBTIDOS

Os custos referentes à construção de estações de transbordo em 20 municípios da Região do Vale do Assú e do Seridó foram inicialmente relacionados com as suas populações urbanas. Porém, foi verificado que há uma correspondência fraca entre essas duas variáveis, visto que o coeficiente de correlação ao quadrado resultou em 0,06. Diante dessa correlação, foi necessário analisar todos os custos da planilha orçamentária para encontrar uma variável com melhor correlação.

Os custos totais das estações de transbordo são calculados com base nos seguintes serviços: Instalação da obra com mobilização, desmobilização e instalações físicas – canteiro central; Implantação de acessos e pátios, composto pela terraplenagem, pavimentação e drenagem; Plataforma de operação e estocagem; Unidade de apoio, composto pela portaria, prédio da administração, iluminação da área externa; e Paisagismo (Tabela 2).

Tabela 2: Tabela síntese dos serviços e custos da implantação de estação de transbordo (valores em reais).

ESTAÇÃO DE TRANSBORDO						
SERVIÇOS	Custo médio	Desvio padrão do custo médio	Custo mínimo	Custo máximo	Porcentagem sobre o custo total	Desvio padrão da porcentagem
INSTALAÇÃO DA OBRA (Mobilização, Desmobilização e instalações físicas)	47.839,53	8.226,09	37.347,42	64.180,08	5,54%	1,06%
IMPLANTAÇÃO DE ACESSOS E PÁTIOS (Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem)	358.974,47	61.577,68	277.209,57	500.055,79	40,94%	4,12%
PLATAFORMA DE OPERAÇÃO E ESTOCAGEM PROVISÓRIA	283.466,71	-	283.466,71	283.466,71	32,75%	2,19%
UNIDADE DE APOIO (Portaria, prédio da administração e iluminação da área externa)	118.561,04	1.330,70	116.078,93	120.539,47	13,70%	0,91%
PAISAGISMO	61.240,79	6.047,84	46.282,60	75.738,45	7,07%	0,78%
TOTAL	867.707,04	-	760.385,23	1.043.980,50	100,00%	-

Fonte: Elaboração da autora.

Pelo fato das estações de transbordo seguirem um modelo padrão recomendado pelo Ministério das Cidades e aprovado pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado - SEMARH (GEOTECHNIQUE,

2015), os valores da implantação da plataforma de operação e estocagem, e a das unidades de apoio (portaria e prédio da administração) são praticamente fixos para todos os municípios, como pode ser observado na Tabela 2.

Dessa forma, os custos variáveis encontrados foram: a implantação de acessos e pátios, representado pela conformação da área realizada através de escavações obrigatórias e aterros compensados; o paisagismo, calculado de acordo com a área do entorno da estação de transbordo, ou seja, assim como o custo de implantação de acessos e pátios, também varia conforme o terreno; e a instalação da obra, que compreende o serviço de mobilização e desmobilização das instalações do canteiro, materiais, equipamentos, maquinários, bem como deslocamento dos seus empregados, sendo esse valor proporcional à distância das cidades para Natal/RN ou Mossoró/RN.

Para fazer a relação com os custos totais dos valores referentes a implantação de acessos e pátios, e paisagismo, é necessário o conhecimento da topografia e área do terreno, informação não fornecida pela empresa. A partir das planilhas disponibilizadas, encontrou-se apenas uma representação desse custo sobre o valor total da obra, correspondente em média a 48%.

A partir dessa análise, foi elaborado um gráfico relacionando o custo total com outro custo variável, a instalação da obra, representado pela Distância Média dos municípios para as cidades de referência (Natal/RN e Mossoró/RN), como ilustrado na Figura 2. Cabe destacar que foram desconsiderados no Custo total de implantação da Estação de Transbordo os custos variáveis da implantação de acessos e pátios, e paisagismo.

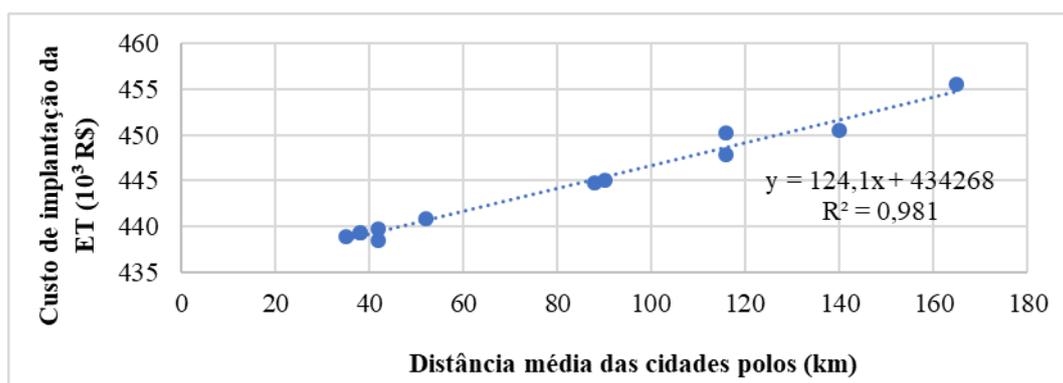


Figura 2: Correlação entre a Distância Média dos municípios com as cidades de Natal ou Mossoró com o custo de implantação de Estação de Transbordo (ET).

Quanto ao encerramento dos lixões, os custos foram orçados pela empresa para 37 municípios das regiões em estudo (Vale do Assú e Seridó). A correlação dos custos totais da obra com a população urbana resultou em $R^2 = 0,56$, sendo assim, foi realizado uma análise de todos os serviços utilizados na planilha orçamentária para encontrar uma outra variável com valor de correlação maior.

Os custos totais dessa operação são calculados com base nos seguintes serviços: Instalação da obra, com mobilização, desmobilização e instalações físicas – canteiro central; Conformação dos resíduos existentes; drenagem do chorume/gás; Execução dos diques de confinamento, valas e camadas de cobertura; drenagem de águas pluviais; urbanização e paisagismo (Tabela 3).

Tabela 3: Tabela síntese dos serviços e custos de encerramento do lixão (valores em reais).

ENCERRAMENTO DO LIXÃO						
SERVIÇOS	Custo médio	Desvio padrão do custo médio	Custo mínimo	Custo máximo	Porcentagem sobre o custo total	Desvio padrão da porcentagem
INSTALAÇÃO DA OBRA (Mobilização, Desmobilização e instalações físicas)	23.592,29	5.579,87	11.801,12	33.570,45	18,43%	11,37%
CONFORMAÇÃO DOS RESÍDUOS EXISTENTES	7.925,71	13.866,08	722,97	57.140,47	3,17%	3,16%
DRENAGEM DE CHORUME/GÁS	14.922,12	18.000,24	3.531,21	84.536,41	7,73%	4,98%
EXECUÇÃO DOS DIQUES DE CONFINAMENTO, VALAS E CAMADAS DE COBERTURA	59.081,73	53.474,56	3.288,55	234.456,77	29,78%	13,02%
DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	39.820,19	32.755,27	3.112,10	145.187,80	21,11%	9,48%
URBANIZAÇÃO E PAISAGISMO	33.575,25	21.903,13	13.340,15	106.887,53	19,78%	5,06%
TOTAL	178.917,29	-	35.796,10	661.779,43	100,00%	-

Fonte: Elaboração da autora.

Posto isto, tem-se que os valores estão mais associados ao volume de resíduos que esta estrutura de disposição final recebeu em todo o seu período de operação. Sendo assim, foi elaborado um gráfico (Figura 3) relacionando o custo total com o volume de resíduos sólidos, este sendo estimado através da recomposição da topografia natural do terreno subjacente ao depósito de resíduos existentes e pela espessura média da camada de resíduos obtida através de furos a trado realizados pela equipe da Geotechnique. Esse quantitativo foi disponibilizado na planilha orçamentária da empresa.

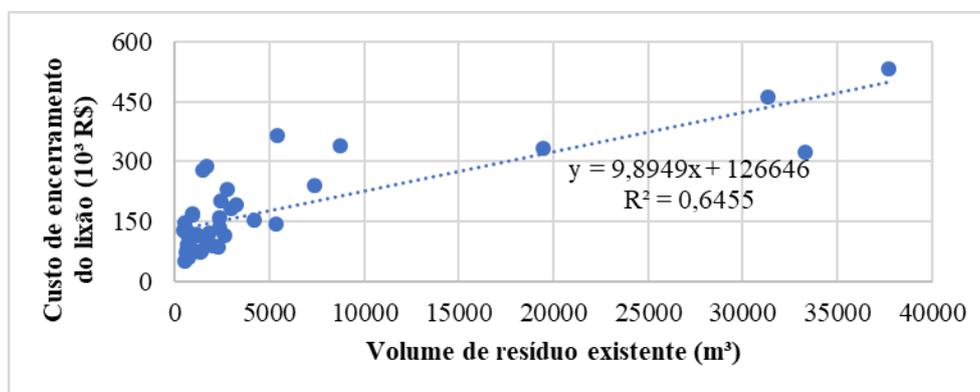


Figura 3: Correlação entre o volume de resíduos existente com o custo de encerramento de lixão.

Outra estrutura estudada foram as unidades de triagem, calculadas pela empresa para 37 municípios. Buscando encontrar a relação do custo com a população foi elaborado o gráfico da Figura 4, e como resultado apresentou um coeficiente $R^2 = 0,7145$, ou seja, tem-se uma correlação forte entre a população urbana e o custo de implantação da unidade de triagem.

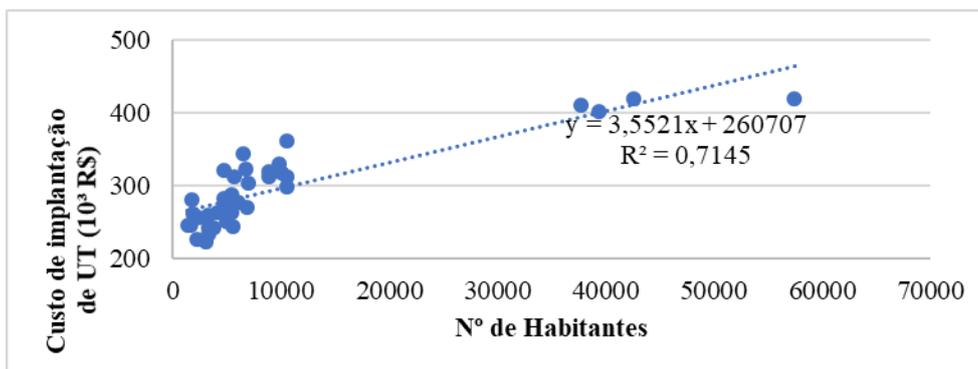


Figura 4: Correlação entre população urbana e custo de implantação de unidade de triagem.

Os custos totais das unidades de triagem são compostos pelos seguintes serviços: Instalação da obra, com mobilização, desmobilização e instalações físicas – canteiro central; Implantação de acessos e pátios, formado pela terraplenagem, pavimentação e drenagem; Unidades de apoio, que engloba a portaria e prédio de apoio; Galpão de triagem; Iluminação da área externa e o Fechamento da unidade de triagem, com portão de ferro e muro de fechamento (Tabela 4).

Tabela 4: Tabela síntese dos serviços e custos da implantação de unidade de triagem (valores em reais).

UNIDADE DE TRIAGEM						
SERVIÇOS	Custo médio	Desvio padrão do custo médio	Custo mínimo	Custo máximo	Porcentagem sobre o custo total	Desvio padrão da porcentagem
INSTALAÇÃO DA OBRA (Mobilização, Desmobilização e instalações físicas)	21.989,65	4.444,71	14.312,93	30.723,83	7,75%	2,10%
IMPLANTAÇÃO DE ACESSOS E PÁTIOS (Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem)	40.899,02	13.777,71	16.195,50	81.599,48	14,06%	4,27%
UNIDADES DE APOIO (Portaria e prédio de apoio)	73.896,74	-	73.896,74	73.896,74	25,95%	4,12%
GALPÃO DE TRIAGEM	105.019,93	46.665,35	70.239,64	240.947,38	34,54%	8,74%
ILUMINAÇÃO ÁREA EXTERNA	6.411,61	801,07	5.702,69	7.929,85	2,21%	0,22%
FECHAMENTO DA UNIDADE DE TRIAGEM (Portão e Muro)	44.800,73	6.559,32	31.992,45	58.557,21	15,49%	2,13%
TOTAL	293.017,69	-	212.339,95	493.654,49	100,00%	-

Fonte: Elaboração da autora.

Além dessas estruturas, foram analisados os custos finais referentes à instalação de Ponto de Entrega Voluntária (P.E.V.) relacionando-os com a população para 15 municípios das regiões em estudo, verificando que há uma correlação fraca, visto que o R² resultou em 0,45, abaixo do valor médio de 0,5 (Figura 5).

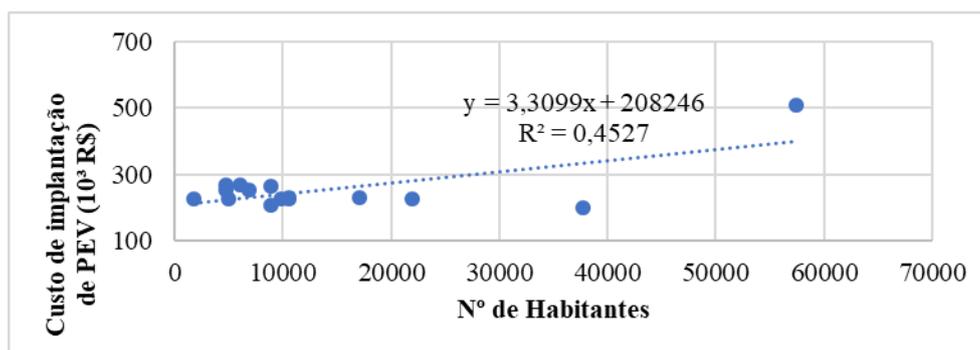


Figura 5: Correlação entre população urbana e custo de implantação de Pontos de Entrega Voluntária (P.E.V.).

Diante dessa correlação, foram analisados os custos totais para implantação de P.E.V. com base nas planilhas orçamentárias disponibilizadas, constituído por: Instalação da obra, com mobilização, desmobilização e instalações físicas – canteiro central; Implantação de Acessos e Pátios, com terraplenagem, pavimentação e drenagem de águas pluviais; Unidades de apoio, composto pela infraestrutura de uma portaria; Baía de separação (coleta seletiva e resíduos sólidos); e o Fechamento, com portão de ferro e muro (Tabela 5).

Tabela 5: Tabela síntese dos serviços e custos da implantação de P.E.V. (valores em reais).

PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIAS						
SERVIÇOS	Custo médio	Desvio padrão do custo médio	Custo mínimo	Custo máximo	Porcentagem sobre o custo total	Desvio padrão da porcentagem
INSTALAÇÃO DA OBRA (Mobilização, Desmobilização e Instalações físicas)	19.067,49	-	19.067,49	19.067,49	7,82%	0,67%
IMPLANTAÇÃO DE ACESSOS E PÁTIOS (Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem)	111.812,56	56.020,63	65.610,82	310.935,48	42,23%	6,68%
UNIDADES DE APOIO (Portaria)	30.155,09	-	30.155,09	30.155,09	12,37%	2,04%
BAÍA DE SEPARAÇÃO (Coleta Seletiva e Volumosos)	23.497,92	-	23.497,92	23.497,92	9,64%	1,59%
FECHAMENTO (Portão e Muro)	70.530,58	16.910,52	55.455,31	126.707,10	27,94%	2,99%
TOTAL	255.063,64	-	193.786,63	510.363,08	100,00%	-

Fonte: Elaboração da autora.

Pelo fato da instalação do P.E.V. seguir um modelo padrão recomendado pelo Ministério das Cidades e aprovado pela SEMARH (GEOTECHNIQUE, 2015), os valores das instalações físicas (canteiro central), unidades de apoio e baía de separação são fixos para todos os municípios.

Os custos variáveis estão ligados, principalmente, à implantação de acessos e pátios e ao fechamento com muro para proteção do terreno. Ou seja, esses valores dependem, respectivamente, da conformação da área realizada através de escavações obrigatórias e aterros compensados, e da área do terreno que ficará a instalação. Porém, da mesma forma da estação de transbordo, essas informações de topografia e área não foram disponibilizadas, tendo apenas como resultado da análise das planilhas, que esse custo variável representa uma média de 70% do custo total de implantação da estação de transbordo.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante da análise dos dados, tabelas e gráficos obtidos, foram elaboradas funções para estruturas de operação de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Com exceção do Ponto de Entrega Voluntário, que devido à

ausência de dados das conformações e área do terreno, correspondente a variável de maior relevância, não foi possível elaborar uma função.

Para as estações de transbordo, conforme a Figura 2, os resultados do gráfico encontrado comportam-se como uma função linear positiva, ou seja, quanto maior a distância do município para as cidades Natal ou Mossoró, maior será o custo da estação. A função para estimativa desse custo está apresentada na Equação 1, com $R^2 = 0,981$, próximo ao valor ideal de 1,0, indicando que essa função é adequada e representativa para os dados analisados.

$$F(x) = 124,1x + 434268 \quad \text{Equação(1)}$$

O valor de $F(x)$ da Equação 1 representa os custos em reais da implantação da Estação de Transbordo e x representa a distância média de transporte em quilômetros (km). Destaca-se que o custo encontrado não está levando em consideração a implantação de acesso e pátios, e o paisagismo, que representa em média 48,01% do custo total. Dessa forma, para estimativa de todos os custos da estrutura deve-se acrescentar ao valor obtido da Equação 1 o percentual correspondente ao custo de implantação de acesso e pátios.

Quanto ao encerramento do lixão, de acordo com a Figura 3, os resultados comportam-se como uma função linear positiva, visto que quanto maior o volume de resíduos existentes, maior será o custo de encerramento. Dessa forma, a função para estimativa de custo total será calculada pela Equação 2.

$$F(x) = 9,8949x + 126646 \quad \text{Equação(2)}$$

Para a Equação 2, o valor de $F(x)$ representa os custos em reais da operação de encerramento do lixão e x representa o volume de resíduos existentes em metros cúbicos. Essa função expressa coeficiente de determinação $R^2 = 0,6455$, valor superior ao encontrado quando comparado o custo com a população ($R^2 = 0,5656$), representando uma análise mais adequada para encontrar o custo total da operação de encerramento do lixão.

No que se refere às unidades de triagem, conforme a Figura 4, tem-se a Equação 3 para estimativa de custo total da unidade de triagem.

$$F(x) = 3,5521x + 260707 \quad \text{Equação (3)}$$

Na Equação 3, $F(x)$ representa os custos em reais da implantação da Unidade de Triagem e x representa a população urbana total do município. A mesma se caracteriza por um comportamento linear positivo, ou seja, quanto maior a população do município, maior será o custo da unidade de triagem. Além disso, apresenta custo mínimo de implantação o termo constante da função de R\$260.707,00.

CONCLUSÕES

Com suporte das análises das planilhas orçamentárias, tem-se que para as estruturas em estudo, elaborar a estimativa do custo pelo número de habitantes só é adequado para as unidades de triagem, visto que apresentou coeficiente de determinação de 0,71, diferentemente das demais estruturas, nas quais foi necessário avaliar outras variáveis para se determinar quais possuem maior influência no valor final.

Em relação à operação de encerramento do lixão, verifica-se que a variável mais importante para se estimar o custo médio é o volume de resíduos gerados no tempo de operação do lixão, que resultou em um coeficiente de correlação de 0,64.

Quanto às estações de transbordo, os custos variáveis estão correlacionados apenas à implantação de acessos e pátios, paisagismo, e à mobilização e desmobilização. Pelo fato da topografia do terreno influenciar nesse primeiro custo variável (implantação de acessos e pátios) e a área no segundo (paisagismo), a função de estimativa de custo foi elaborada apenas com base nos valores de mobilização e desmobilização da instalação da obra, representados pela variável de distância média de transporte desses municípios para os municípios considerados centrais (nesse caso, Natal/RN e Mossoró/RN).

Ademais, a estação de transbordo foi a estrutura de maior custo médio comparado aos demais, logo, se tornaria um investimento mais viável em um cenário em que mais de um município possa arcar com esses custos e consequentemente se utilizar da estrutura, no intuito de receber os resíduos temporariamente para serem levados à disposição final. Dessa forma, reafirma-se a necessidade do compartilhamento de ações e investimentos no que diz respeito aos resíduos sólidos entre os municípios do Estado.

No caso da implantação de P.E.V, quanto aos custos variáveis, tem-se que estão relacionados à implantação de acessos e pátios e ao fechamento da área, ou seja, fatores relacionados ao terreno escolhido, sua área e topografia, e, por conseguinte, não sendo possível elaborar uma função que estime o custo nesse estudo.

Ressalta-se que, para os gestores e ou profissionais que queiram utilizar as informações da pesquisa como suporte para um planejamento orçamentário, deverão levar em consideração que os resultados encontrados neste trabalho não são dados de custos reais de construção, são dados orçamentários calculados com data base em junho de 2014, sendo necessário a aplicação de índices de correção.

Recomenda-se também, a comparação dos valores calculados com os custos após a construção dessas estruturas analisadas. Dessa forma, será possível avaliar com precisão a aplicação das fórmulas de estimativa de custo resultantes deste estudo. Além disso, mais variáveis podem ser estudadas e correlacionadas, como por exemplo, os valores referentes à topografia e área do terreno. Destaca-se por fim, a relevância de estudos que aprimorem o orçamento, analisando também os custos da fase de operação destas construções, não somente de implantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil. 2016.
2. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília. DOU de 3 de agosto de 2010.
3. BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Resíduos Sólidos Urbanos. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília, 2017.
5. GEOTECHNIQUE. Consultoria e Engenharia Ambiental. Execução dos Estudos Ambientais, Elaboração de Projeto Básico e Executivo Completo de Aterros Sanitários, Estações de Transferência, Encerramento e/ou Remediação de Lixões, Pontos Centrais de Entrega Voluntária para Triagem e Transbordo de Resíduos da Construção e Resíduos Volumosos e Galpões de Triagem para Coleta Seletiva do Consórcio Público Regional de Resíduos Sólidos do Assú e Seridó. SEMARH, 2015.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/>>.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE, Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - 2008. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/HHZ8>. Acesso em 04 de abril de 2018.
8. RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte - SEMARH. Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte. Natal, 2012. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/doc/DOC00000000020200.PDF>. Acesso em 30 de março de 2018.
9. RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte - SEMARH. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte. Produto 3: Estudo da Prospecção e Escolha do Cenário de Referência. Natal, 2016. 313 p.
10. RODRIGUES, Lucas Costa et al. Cartografia do saneamento básico do Rio Grande do Norte. Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia, n. 34, 2018.