

Artigo Científico

# Proposição de modelo para estimativa de custos de coleta de resíduos sólidos domiciliares em pequenos municípios do estado do Rio Grande do Sul

*Proposition of a model for estimation of household solid urban waste collection costs in small municipalities in the state of Rio Grande do Sul*

Lucas Fiegenbaum de Oliveira<sup>1</sup> , Dieter Wartchow<sup>1</sup> , Salatiel Wohlmuth da Silva<sup>1\*</sup> 

## RESUMO

Este trabalho buscou desenvolver uma ferramenta que auxiliasse os gestores de pequenos municípios brasileiros a otimizar os custos. Para isso, foram utilizados municípios de pequeno porte, com até 30 mil habitantes, participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), os quais, de acordo com o SNIS, são os que possuem maior dificuldade para cobrir os seus custos com a prestação de serviço de manejo dos resíduos sólidos. Por análise estatística e regressão linear múltipla, buscou-se propor um modelo matemático para determinar o custo de coleta para esses municípios, considerando o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares (RSUD): prestação por administração direta, administração direta por serviços terceirizados sem consórcio e terceirização com consórcio para os modelos. As variáveis consideradas foram a distância até o local de disposição final e a geração *per capita* de RSUD fornecidos pelo SNIS. Os resultados mostraram que é possível encontrar um modelo de custo de coleta para municípios cuja prestação é feita pela administração direta terceirizando o serviço, levando-se em conta a distância até o local de disposição. Para municípios que realizam a coleta por consórcio intermunicipal, o modelo pondera, além da distância de disposição final, a geração *per capita* de resíduos sólidos municipais. Por fim, não se pôde chegar a um modelo para municípios cuja responsabilidade pelo serviço é exclusiva da administração direta municipal, por poucos municípios adotarem esse modelo de prestação de serviço e seus dados apresentarem dispersão muito grande.

**Palavras-chave:** coleta; custo e estatística; pequenos municípios; resíduos sólidos.

## ABSTRACT

This work sought to develop a tool that would help managers of small municipalities to optimize costs. As a sample, small municipalities, with up to 30,000 inhabitants, participants of the National Sanitation Information System (*Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS*) which, according to the SNIS, are the ones that have the greatest difficulty in covering their costs with the provision of solid waste management service. Based on statistical analysis and multiple linear regression, a mathematical model was proposed to determine the cost of collection for these municipalities, considering the residential urban solid waste management: provision by direct administration, direct administration by outsourced services without a consortium and outsourcing with consortium for the models. The variables considered were the distance to the final disposal site and the *per capita* generation of RSUD provided by the SNIS. The results showed that it is possible to find a collection cost model for municipalities whose provision is made by the direct administration, outsourcing the service, considering the distance to the disposal site. For municipalities that carry out collection by an inter-municipal consortium, the model considers, in addition to the final disposal distance, the per capita generation of municipal solid waste. Finally, it was not possible to arrive at a model for municipalities whose responsibility for the service is exclusive to the direct municipal administration, because few municipalities have adopted this service delivery model and their data present a very large dispersion.

**Keywords:** collection; cost and statistics; small municipalities; solid waste.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - Porto Alegre (RS), Brasil.

\*Autor correspondente: salatiel.silva@ufrgs.br

**Conflitos de interesse:** os autores declaram não haver conflitos de interesse.

**Financiamento:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, Financiadora de Estudos e Projetos e Fundação Nacional de Saúde.

**Recebido:** 28/12/2021 - **Aceito:** 10/11/2022

## INTRODUÇÃO

O problema da geração dos resíduos (ABNT, 2004) é uma questão bastante atual e está inserida entre as várias consequências do processo acelerado de urbanização do século XX, quando a população urbana do Brasil passou de 55,9% em 1970 para 81,3% no fim do século, sem que a infraestrutura urbana acompanhasse o processo (TUCCI, 2007), juntamente com o crescimento populacional (IBGE, 2010), que demanda maior quantidade de matéria-prima (ONOFRE, 2011).

Estima-se que atualmente, em média, no Brasil 0,95 kg/(hab.dia) de resíduos sejam gerados (BRASIL, 2019a). Além disso, há a questão de modelos ineficientes de cobrança pelo serviço de gerenciamento de resíduos, que, além de não cobrirem os custos do titular do serviço (FRANCO; CASTILHOS JUNIOR; SOUZA, 2014), utilizam critérios que não têm relação com a geração de resíduos, levando em conta a área do terreno como base de cálculo, por exemplo (ONOFRE, 2011). Ainda, há estudos que demonstram que uma cobrança proporcional pelo resíduo gerado ainda é inviável em grandes municípios do Brasil, como Belo Horizonte (MG), de modo que se busca, então, melhorar o modelo de cobrança, que seja mais justo, considerando o princípio poluidor-pagador, incluindo outros parâmetros, como o consumo de água e de energia elétrica (ALZAMORA, 2019).

A primeira consequência disso é que muitos municípios brasileiros sequer cobram pelos serviços de manejo dos resíduos (RIO GRANDE DO SUL, 2014): 47% não o fazem (BRASIL, 2020). Ademais, da fração restante que cobra, mais de 86% o fazem na forma de imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU), que, tendo a mesma base de cálculo que o próprio IPTU, leva à bitributação, o que é vetado pela Constituição Federal brasileira (BRASIL, 1988), logo, inconstitucional (ONOFRE, 2011). A outra consequência é que a saúde financeira dos serviços de manejo de resíduos está comprometida, dificultando os serviços de manutenção e também os investimentos em melhorias na prestação do serviço, uma vez que apenas 6,3% dos municípios brasileiros conseguem cobrir suas despesas com o serviço apenas com sua arrecadação (BRASIL, 2021).

Os passos mais significativos no Brasil foram dados há cerca de dez anos, com a aprovação das políticas nacionais de saneamento básico e de resíduos sólidos (SOUZA, 2012), pois pela primeira vez foi instituído um arcabouço legal que trata da gestão do saneamento básico de modo integrado. Nessas políticas, estão positivados princípios, objetivos e instrumentos sobre como a questão sanitária deve ser tratada, sendo o planejamento um aspecto fundamental da gestão dos serviços (BRASIL, 2009). Entre os seus objetivos, também está a busca pela sustentabilidade financeira dos serviços de saneamento. Para que isso aconteça, na política estão definidos os planos de saneamento e de resíduos sólidos, com seus conteúdos determinados para cada esfera (BRASIL, 2007). Da mesma forma, a elaboração dos planos para os municípios é essencial, pois só poderão receber recursos da União para a realização de serviços referentes a saneamento os municípios com planos instituídos (BRASIL, 2010).

Considerando esse cenário e que a relação entre a prestação do serviço e a de implementação de um modelo de cobrança de resíduos sólidos é complexa (SANTOS; ZANELLA, 2008; BUTTO, 2014; RODRIGUES; MAGALHÃES FILHO; PEREIRA, 2015; SILVA *et al.*, 2015; LEMOS; CARVALHO; GURGEL, 2016; SILVA; SILVA; ALVARENGA, 2018), buscam-se alternativas (SANTOS, 2010; BRANDÃO; SILVA, 2011; RODRIGUES, 2013; MUNHOZ, 2015; VILELA; PIESANTI, 2015; SILVA; FUGII; SANTOYO, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2019) para que os municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul gerenciem

de maneira mais eficiente os serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos domiciliares (RSUD) (KNEIPP *et al.*, 2012).

Assim, este trabalho buscou propor modelos para auxiliar os gestores a otimizarem os custos, utilizando o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) como base de dados. A responsabilidade pelo preenchimento desses dados é de cada município participante. Como são diversos os pequenos municípios que também participam desse sistema, muitos não possuem uma equipe técnica qualificada nessa área, o que pode prejudicar a inserção de dados no sistema, causando distorções relevantes para posterior processamento de dados.

Para tanto, nesses estudos, foram selecionados municípios de pequeno porte participantes do convênio entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Fundação Nacional de Saúde e os municípios participantes do Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos (CIGRES). Depois, procurou-se desenvolver uma ferramenta que, ao ser alimentada com dados, pudesse auxiliar o gestor na tomada de decisão quanto a um modelo de prestação de serviço que pode ser realizado exclusivamente pela administração direta. Alternativamente, esse modelo pode prestar os serviços de transporte e de disposição final terceirizados, ou seja, o município contrata uma empresa para realizar os serviços – a locação de caminhões coletores de resíduos para viabilizar a coleta/o transporte de resíduos sólidos urbanos e os recursos humanos ficam sob responsabilidade da empresa contratada, por exemplo. Outra opção, por fim, é a realização do serviço de transporte e disposição final por gestão associada por intermédio de consórcio, em que os municípios se agrupam com outros municípios, com estados, com o Distrito Federal ou com a União para desempenhar uma atividade de interesse comum, formando uma nova pessoa jurídica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Seleção dos municípios e categorização

Este trabalho foi desenvolvido utilizando municípios de duas diferentes fontes, as quais abrangem todas as regiões do estado do Rio Grande do Sul. A primeira delas compreende 52 municípios que participaram de um convênio para a elaboração dos planos municipais de saneamento por meio do termo de execução descentralizada. A lista desses municípios, a população e a categoria de modelagem da prestação do serviço estão dispostas no Material Suplementar 1. Além disso, neste é apresentado um mapa com os municípios da amostra.

Para que haja uma amostra para efeitos de comparação, a segunda fonte engloba 27 municípios que fazem parte do CIGRES. A lista dos municípios da amostra pertencente ao CIGRES, a categoria de modelagem da prestação do serviço e a distância do município até Seberí (RS), onde o aterro compartilhado do consórcio se situa, estão dispostas no Material Suplementar 2. Também desse material consta um mapa com a localização dos municípios participantes do CIGRES (2019).

Todos os municípios foram categorizados em três níveis de acordo com o modelo de prestação dos serviços de manejo de resíduos sólidos domiciliares (RSD). A categoria 1 está relacionada ao modelo de prestação de serviço exclusivamente pela administração direta, sem terceirizações; a categoria 2, a coleta, transporte e disposição final terceirizados; e a categoria 3, a coleta, transporte e disposição por gestão associada por intermédio de consórcio.

## Proposição do modelo: etapa 1

Para determinar se o custo de coleta estava relacionado com a geração de RSD e com a distância até o local de disposição, foi usada a regressão linear múltipla, que, de acordo com Pinto e Naghettini (2007), consiste no estudo de uma variável dependente  $Y$ , que varia linearmente em função de duas ou mais variáveis  $X_i$ . Ainda de acordo com os autores, trata-se de um método bastante difundido, justificando a sua escolha. Sobre a escolha das variáveis, entende-se que o volume gerado de resíduos, bem como quão longe é o local onde eles serão dispostos, é fator preponderante para quanto gasto o município terá com o serviço de coleta. O modelo geral pode ser escrito conforme a Equação 1:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_N X_N \quad (1)$$

Em que:

$Y$  = variável dependente (custo de coleta do município);

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N$  = coeficientes da regressão;

$X_1, X_2, \dots, X_N$  = variáveis independentes. Nesse caso,  $X_1$  é a geração diária de RSD, e  $X_2$ , a distância até o local de disposição.

Havendo um conjunto de  $n$  valores de custo de coleta associados por meio de dados do SNIS e  $n$  observações das variáveis independentes  $X_1$  e  $X_2$ , a geração de RSD e a distância até o local de disposição podem ser descritas pela Equação 2.

$$\begin{cases} Y_1 = \beta_1 X_{1,1} + \beta_2 X_{1,2} + \dots + \beta_N X_{1,N} \\ Y_2 = \beta_1 X_{2,1} + \beta_2 X_{2,2} + \dots + \beta_N X_{2,N} \\ Y_3 = \beta_1 X_{3,1} + \beta_2 X_{3,2} + \dots + \beta_N X_{3,N} \\ \dots \\ Y_N = \beta_1 X_{N,1} + \beta_2 X_{N,2} + \dots + \beta_N X_{N,N} \end{cases} \quad (2)$$

Em que:

$Y_1$  = valor da primeira observação da variável independente;

$X_{1,1}$  = valor da primeira observação da primeira variável independente;

$X_{1,2}$  = valor da primeira observação da segunda variável independente;

$Y_2$  = valor da segunda observação da variável dependente associado a  $X_{2,1}$ , que é o valor associado à segunda observação da primeira variável independente, e assim por diante;

$\beta$  = valor constante associado a cada um dos valores observados das variáveis independentes.

Considerando que seriam trabalhadas apenas duas variáveis independentes  $X_1$  (geração de RSUD) e  $X_2$  (distância até o local de disposição) e que se determinariam três modelos de prestação de serviço, o número de observações foi diferente em relação aos três modelos. Tendo em conta isso, o sistema de matrizes com um número genérico  $n$  de observações pode ser descrito pela Equação 3.

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} \\ X_{2,1} & X_{2,2} \\ \dots & \dots \\ X_{n,1} & X_{n,2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Em que:

$Y_n$  = observações relativas à variável dependente;

$X_{n,1}$  e  $X_{n,2}$  = observações das variáveis independentes consideradas nos modelos;

$\beta_n$  = valor constante associado a cada um dos valores observados das variáveis independentes.

Para determinar o valor dos coeficientes  $\beta$ , utilizou-se o método da minimização do somatório dos quadrados dos erros, representados na Equação 4, e matricialmente pela Equação 5:

$$ei = Yi - \sum_{i=1}^n \beta_j X_{i,j} \quad (4)$$

Em que:

$e_i$  = valor do erro associado à determinada observação;

$Y_i$  = valor associado à variável dependente;

$\beta$  = valor do coeficiente associado às variáveis independentes;

$X_{i,j}$  = valor das variáveis independentes associadas à variável dependente  $Y_i$ .

$$\sum ei^2 = [e]^T \cdot [e] = ([Y] - [X\beta])^T \cdot ([Y] - [X\beta]) \quad (5)$$

Em que:

$e_i^2$  = valor do quadrado do erro;

$[e]$  = valor da matriz dos erros associados a cada uma das amostras;

$[e]^T$  = sua forma transposta.

Derivando a forma matricial apresentada na Equação 5 em relação a beta e igualando essa derivada parcial a 0, obteve-se a Equação 6.

$$[X]^T \cdot [Y] = [X]^T \cdot [X\beta] \quad (6)$$

Em que:

$[X]^T$  = matriz transposta dos valores das variáveis independentes;

$[Y]$  = matriz dos valores da variável dependente;

$[X\beta]$  = valor da matriz dos valores associados da variável independente com seus coeficientes.

A solução para a Equação 6, conhecida como equação normal de regressão, foi dada multiplicando-se os dois termos da equação por  $([X]^T \cdot [X])^{-1}$ , sendo possível encontrar beta, que está na forma vetorial da Equação 7.

$$[\hat{\beta}] = ([X]^T \cdot [X])^{-1} [X]^T [Y] \quad (7)$$

Em que:

$\hat{\beta}$  = valor estimado para o coeficiente do regressor associado à variável independente;

$[X]^T$  = a matriz transposta dos valores das variáveis independentes;

$[Y]$  = a matriz dos valores da variável dependente;

$[X]$  = valor da matriz dos valores associados das variáveis independentes.

As parcelas dos somatórios são apresentadas em uma tabela de análise de variância (ANOVA), em que SQReg e SQRes consistem na soma dos quadrados da regressão e dos resíduos, respectivamente — SQT é a soma de SQReg e SQRes. Ainda, a tabela ANOVA mostra o valor médio dos quadrados da regressão, QMReg, dividindo-se o valor de SQReg pelo número de variáveis independentes (P), e a média dos quadrados dos resíduos, QMRes, obtida dividindo-se SQRes pelo número de graus de liberdade dos resíduos (n-P-1), em que n é o número de observações da amostra dos dados, conforme Tabela 1.

### Validação dos resultados

Para se determinar os modelos, foram procedidos os processos conforme a Figura 1.

A validação dos resultados iniciou-se pela determinação do conjunto de observações e pelo cálculo do coeficiente de determinação múltipla ( $R^2$ ), que é um valor que varia entre 0 e 1 e expressa a proporção da variância explicada pelo modelo de regressão: quanto mais perto de 1, mais forte é a relação entre as variáveis (PINTO; NAGHETTINI, 2007). O coeficiente de regressão múltipla é a raiz do valor do coeficiente de determinação múltipla, mediante a Equação 8:

$$R^2 = \frac{SQReg}{SQT} = \frac{([\beta]^T [X]^T [Y] - n\bar{Y}^2)}{[Y]^T [Y] - n\bar{Y}^2} \tag{8}$$

Em que:

- $R^2$  = força da correlação entre as variáveis;
- $\beta$  = valor do coeficiente associado à variável independente;
- $[Y]$  = matriz de dados associada à variável dependente;
- $[X]$  = matriz de dados associada à variável dependente;
- $[ ]^T$  = matriz está transposta;
- $n$  = número de observações;
- $\bar{Y}$  = valor médio de  $Y$ .

Posteriormente se deveria determinar se havia ou não relação significativa entre a variável dependente e as independentes, sendo feito o seguinte teste de hipótese:

- $H_0$ :  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \dots = \beta_n = 0$  (a relação das variáveis não é linear);
- $H_1$ : pelo menos um  $\beta_i \neq 0$  (há relação linear entre as variáveis).

Caso se observasse a hipótese  $H_0$ , o valor de  $\beta$  poderia ser considerado para o modelo de regressão linear obtido.

Foi realizado, então, o teste estatístico para verificar a hipótese nula. O teste feito é o chamado F total, pela razão entre o quadrado médio da regressão e o quadrado médio dos resíduos, que foram calculados e inseridos na tabela ANOVA (Equação 9).

$$F = \frac{QMReg}{QMRes} \tag{9}$$

Em que:

- $F$  = valor da variável estatística da tabela de Snedecor;
- $QMReg$  = valor da média dos quadrados da regressão;
- $QMRes$  = valor da média dos quadrados dos resíduos.

Calculado  $F$ , a hipótese nula seria aceita caso o  $F$  tabelado fosse maior que o  $F$  calculado pela Equação 9. Assim, a hipótese nula seria aceita se:

$$F_{calc} < F_{tab}$$

$$F < F(\alpha, P, n - P, 1)$$

- $\alpha$  = nível de significância, que neste trabalho é de 5%;
- $P$  = graus de liberdade da regressão (número de variáveis independentes);
- $n - P - 1$  = os de liberdade dos resíduos, em que  $n$  é o número de observações para o modelo.

Por fim, avaliou-se se os coeficientes  $\beta$  são significativos para a regressão múltipla, e isso foi feito considerando-se a hipótese de que os resíduos são independentes e normalmente distribuídos com média 0 e variância  $\sigma_e^2$  (PINTO; NAGHETTINI, 2007). A variância de um coeficiente  $\beta$  qualquer da regressão linear é dada pela Equação 10:

$$Var(\widehat{\beta}_i) = \widehat{\sigma}_{\beta_i}^2 = S\beta_i^2 = \widehat{C_{ii}^{-1}} \cdot \widehat{\sigma_e^2} \tag{10}$$

Em que:

- $C_{ii}^{-1}$  = i-ésimo elemento da diagonal  $[X^T X]^{-1}$ ;
- $\widehat{\sigma_e^2}$  = estimativa da variância dos erros  $e_i$ .

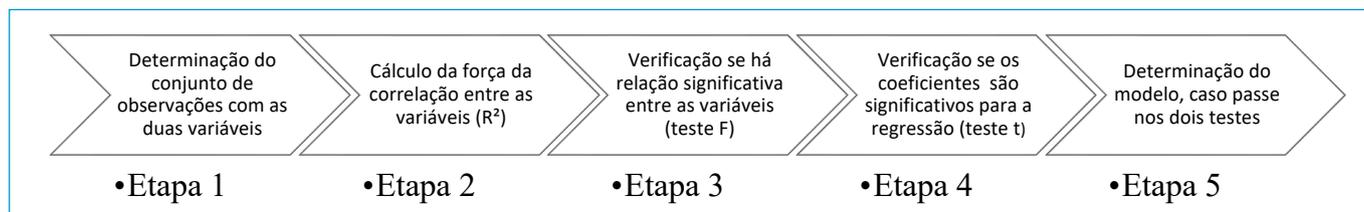
Se o modelo encontrado estivesse correto,  $\widehat{\beta}_i / S\beta_i$  seria distribuído conforme  $t$  de Student, com  $n-P-1$  graus de liberdade, e  $S\beta_i$  calculado pela Equação 11:

$$S\beta_i = \sqrt{C_{ii}^{-1} * S_e^2} \tag{11}$$

Em que:

**Tabela 1** - Análise de variância de regressão linear adaptada de Pinto e Naghettini (2007).

Fonte	Graus de liberdade	Somatório dos quadrados	Quadrado médio
Regressão	P	$SQReg = [\beta]^T \cdot [X]^T \cdot [Y] - nY^2$	$QMReg = \frac{SQReg}{P}$
Resíduos	n-P-1	$SQRes = [Y]^T \cdot [Y] - [\beta]^T \cdot [X]^T \cdot [Y]$	$QMRes = \frac{SQRes}{n - P - 1}$
Total	n-1	$SQT = [Y]^T \cdot [Y] - nY^2$	



**Figura 1** - Fluxograma do processo para determinação dos modelos.

$C_{ii}^{-1}$  = i-ésimo elemento da diagonal  $[X^T X]^{-1}$ ;

$S_e^2$  = estimativa das variâncias dos resíduos  $e_i$ .

Fez-se, por fim, o teste de hipótese para verificar se  $\beta_1 = \beta_0$ , em que  $\beta_0$  é um valor constante e conhecido:

$$H_0: \beta_1 = \beta_0$$

$$H_1: \beta_1 \neq \beta_0$$

O cálculo da estatística teste é dado pela Equação 12, e a hipótese nula seria rejeitada se  $|t| > t(1 - \frac{\sigma}{2}, n - P - 1)$  —  $\sigma$  = nível de significância adotado,  $n$  = número de observações e  $P$  = número de variáveis independentes do modelo.

$$t = \frac{\beta_i - \beta_0}{S\beta_i} \quad (12)$$

Em que:

$t$  = valor da estatística teste calculado para ser usado na tabela de Student;

$\beta_i$  = valor de  $\beta$  associado a uma observação;

$\beta_0$  = valor de  $\beta$  associado ao modelo;

$S\beta_i$  = valor do desvio padrão de  $\beta$  associado à variável independente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Modelo de administração direta com serviços terceirizados

O valor de R2 encontrado indica força de correlação menor, conforme a Tabela 2, do que aquela considerando-se apenas a distância até o local de disposição final como variável independente, como pode ser visto na Tabela 3. Assim, buscou-se

**Tabela 2** – Cálculo da força da regressão considerando as duas variáveis independentes.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,475137
R-quadrado	0,225755
R-quadrado ajustado	0,207321
Desvio padrão	22,8222
Observações	87

**Tabela 3** – Cálculo da força da regressão entre as variáveis: etapa 2.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,523762496
R-quadrado	0,274327152
R-quadrado ajustado	0,265368228
Desvio padrão	19,67096679
Observações (n)	83

**Tabela 4** – Valores dos coeficientes  $\beta$  para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t
Interseção [ $\beta_0$ ]	39,24304	3,9379	9,965475
Distância até local de disposição [km] [ $\beta_1$ ]	0,116671	0,023789	4,904398
Geração de resíduos sólidos domiciliares <i>per capita</i> (t/habano) [ $\beta_2$ ]	-3,40998	5,90192	-0,57778

confirmar se essa variável seria relevante para o modelo, usando o teste estatístico  $t$  de Student para os coeficientes dos regressores, conforme a Tabela 4, levando-se em conta a significância de 5% e 84 graus de liberdade.

Haja vista o valor da variável teste  $t$  para a significância de 5% e 84 graus de liberdade ser  $t = 1,989$ , conforme pode ser visto no Material Suplementar 3, e que a hipótese nula seria rejeitada se  $|t| > t(1 - \sigma/2, n - P - 1)$ , foi possível notar que apenas o coeficiente  $\beta_1$  foi relevante para o modelo.

Apresentam-se, então, os valores referentes ao  $R^2$  considerando-se apenas a distância até o local de disposição final como variável independente (Equação 7), conforme a Tabela 3, e cujos dados referentes às observações podem ser vistos no Material Suplementar 4.

Em seguida, calcularam-se o valor da estatística teste F por meio da Equação 8 e o valor de F tabelado, considerando 1 grau de liberdade para a regressão (numerador) e 81 para os resíduos (denominador), com nível de significância de 5%. O valor de F tab encontrado foi de 3,959, conforme o Material Suplementar 5.

Assim, considerando-se a relação  $F_{calc} > F_{tab}$ , ou ainda  $F > F(\alpha, P, n - P - 1)$ , a hipótese nula pôde ser rejeitada, e o modelo matemático, aceito, haja vista a significância de 5%, conforme a Tabela 5.

Então, buscou-se determinar se os regressores possuíam significância e, consequentemente, a validade dos coeficientes  $\beta$  para o modelo, com significância de 5%, gerando a Tabela 6.

Considerando o valor calculado da estatística  $t$  de Student com significância de 5% e 81 graus de liberdade dos regressores, chegou-se a  $t = 1,989$ , conforme Material Suplementar 3. Obtido esse valor de  $t$  e o fato de que a hipótese nula seria rejeitada se  $|t| > t(1 - \sigma/2, n - P - 1)$ , foi possível notar que o coeficiente  $\beta_1$  seria relevante para o modelo.

Assim, pôde-se chegar ao seguinte modelo de obtenção do valor do custo de coleta para o modelo de prestação terceirizado dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos (etapa 5):

$$Y = 35,8464 + 0,1151 * X_1$$

Em que:

$Y$  = valor do custo de coleta *per capita* anual [R\$/hab.ano];

$X_1$  = distância até o local final de disposição em km.

**Tabela 5** – Análise de variância para o modelo terceirizado de prestação de serviços: etapa 3.

	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	MQ <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>
Regressão	1	11,848,53	11,848,53	30,62055
Resíduo	81	31,342,7	386,9469	
Total	82	43,191,23		

<sup>1</sup>Graus de liberdade do modelo, considerando a amostra com 82 dados; <sup>2</sup>soma dos quadrados da amostra; <sup>3</sup>valor médio dos quadrados da amostra; <sup>4</sup>valor da variável F de Snedecor da amostra.

Então, comparou-se a diferença entre o valor observado e que consta do SNIS e o valor do custo de coleta obtido pela fórmula, cujos resultados se apresentam na Tabela 7.

Os resultados encontrados mostram que a equação deve ser usada com cautela, pois a diferença entre o valor observado e o valor calculado pode ser significativa, ainda que, por testes de hipótese o modelo possa ser aceito, a diferença pode chegar a 60,43%, sendo que os valores calculados encontrados foram sempre menores do que os observados, logo, deve-se ter cuidado para não haver subestimação dos valores (MAESTRI; THOMÉ; WARTCHOW, 2018).

### Modelo com o serviço prestado exclusivamente pela administração direta

Para tentar chegar a um modelo matemático que representasse esse modelo de prestação de serviço, mais uma vez foi primeiramente calculado o valor de  $R^2$ , cujos valores estão na Tabela 8. Os dados referentes às observações podem ser vistos no Material Suplementar 6.

Observando os resultados encontrados, o valor de  $R^2$  indicou relação pouco forte a princípio entre as variáveis do modelo. Esperava-se então que a hipótese nula referente ao modelo não pudesse ser rejeitada quando se calculasse o valor da estatística F, uma vez que o valor de F na Tabela de Snedecor, com 2 graus de liberdade para a regressão (numerador) e 18 para os resíduos (denominador) e nível de significância de 5%, é de 3,554, conforme Material Suplementar 5. Assim, haja vista o valor de F calculado (Tabela 9) e o valor de F tabelado, a hipótese nula não pôde ser rejeitada, nem o modelo considerado.

Foi calculado, então, o valor da estatística  $t$  de Student considerando significância de 5% e 17 graus de liberdade dos regressores, chegando-se ao valor de  $t = 2,093$ , conforme Material Suplementar 3. Obtido esse valor de  $t$  e considerando que a hipótese nula seria rejeitada se  $|t| > t(1-\sigma/2, n-P-1)$ , foi possível notar que nenhum dos regressores era significativo para o modelo, conforme a Tabela 10, e os coeficientes não deveriam ser levados em conta.

Portanto, com o SNIS como base de dados, não foi possível chegar a um modelo matemático que representasse o cálculo do valor do custo de coleta pensando no modelo de gerenciamento de RSD quando feito exclusivamente

pela administração direta. Entende-se o fato de o SNIS fornecer dados incompletos e discrepantes, além de ser um modelo de prestação menos utilizado pelos municípios estudados, como um fator preponderante para não se obter esse modelo. Dessa forma, também não se atingiu a etapa 5, que determina o modelo obtido mediante a regressão para esse modelo de prestação de serviço.

### Modelo de gestão associada por consórcio

Primeiramente, apresentam-se os valores de  $R^2$  para esse modelo de prestação de serviço, calculado pela Equação 7, conforme a Tabela 11, e cujos dados referente às observações podem ser vistos na Material Suplementar 7.

Calcularam-se novamente o valor da estatística teste F pela Equação 8 e o valor de F tabelado, considerando 2 graus de liberdade para a regressão

**Tabela 8** – Cálculo da fora da regressão entre as variáveis: etapa 2.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,222886
R-quadrado	0,049678
R-quadrado ajustado	-0,06212
Erro padrão	21,06471
Observações	20

**Tabela 9** – Análise de variância do modelo de prestação feito pela administração direta: etapa 3.

	Gl <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	MQ <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>
Regressão	2	394,3251	197,1625	0,444338
Resíduo	17	7,543,276	443,7221	
Total	19	7,937,601		

<sup>1</sup>Graus de liberdade do modelo, considerando a amostra com 19 dados; <sup>2</sup>soma dos quadrados da amostra; <sup>3</sup>valor médio dos quadrados da amostra; <sup>4</sup>valor da variável F de Snedecor da amostra.

**Tabela 6** – Valores dos coeficientes  $\beta$  para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores: etapa 4.

	Coefficientes $\beta$	Erro padrão	Stat t	Valor-p
Interseção ( $\beta_0$ )	35,8964	3158622487	11,36458	1,90434E-18
Distância até local de disposição [km] ( $\beta_1$ )	0,11514	0,020807795	5,533584	3,75254E-07

**Tabela 7** – Comparação entre os valores observados do custo de coleta e os valores calculados com a equação obtida.

Município	Valor observado em 2018 (R\$/hab.ano)	Valor calculado (R\$/hab.ano)	Diferença (R\$)	Diferença (%)
Ipê (RS)	81,52	52,80	-28,72	-35,23
Ivoti (RS)	64,57	38,84	-25,73	-39,85
Horizontina (RS)	93,40	43,92	-49,48	-52,98
Lindolfo Collor (RS)	64,80	51,42	-13,38	-20,65
Tavares (RS)	106,57	58,92	-47,65	-44,71
Vanini (RS)	101,67	40,23	-61,44	-60,43

Fonte: adaptado de Brasil (2019b).

**Tabela 10** - Valores dos coeficientes  $\beta$  para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores: etapa 4.

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	Valor P
Interseção ( $\beta_0$ )	68,13481	10,31732	6,603925	4,47E-06
Distância até local de disposição [km] ( $\beta_1$ )	-0,07371	0,124745	-0,59089	0,56237
Resíduos sólidos domiciliares <i>per capita</i> (t/hab.ano) ( $\beta_2$ )	-9,59342	10,53023	-0,91104	0,375014

**Tabela 11** - Cálculo da força da regressão entre as variáveis: etapa 2.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,662385
R-quadrado	0,438754
R-quadrado ajustado	0,423585
Erro padrão	15,22639
Observações	77

(numerador) e de 74 para os resíduos (denominador). O valor de F tab encontrado foi de 3,120, conforme Material Suplementar 5.

Assim, haja vista a relação  $F_{calc} > F_{tab}$ , ou ainda  $F < > F(\alpha, P, n-P-1)$ , a hipótese nula pôde ser rejeitada, e o modelo matemático, aceito, pela significância de 5%, conforme a Tabela 12.

Calculando o valor da estatística  $t$  de Student via significância de 5% e 74 graus de liberdade dos resíduos, chegou-se ao valor de  $t = 1,993$ , conforme Material Suplementar 3. Obtido esse valor de  $t$  e considerando que a hipótese nula seria rejeitada se  $|t| > t(1-\sigma/2, n-P-1)$ , foi possível notar na Tabela 13 que os dois regressores eram significativos para o modelo.

Assim, foi possível chegar ao seguinte modelo de obtenção do valor do custo de coleta para o modelo de prestação terceirizado dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos (etapa 5):

$$Y = 3,4758 + 0,1985 * X_1 + 183,377 * X_2$$

Em que:

$Y$  = valor do custo de coleta *per capita* anual [R\$/hab.ano];

$X_1$  = distância até o local final de disposição em km;

$X_2$  = geração *per capita* anual de RSD, em t/hab.ano.

Então, foi comparada a diferença entre o valor observado e que consta do SNIS e o valor do custo de coleta obtido pela fórmula, cujos resultados estão na Tabela 14.

Assim como para o modelo de prestação feito mediante terceirização, a diferença entre o valor observado e o valor calculado pode ser significativa. Ainda que por testes de hipótese o modelo possa ser aceito, é possível que a diferença chegue a valores 114,96% maiores. A diferença entre os modelos é a de que o consórcio apresentou também valores maiores calculados do que observados, devendo-se também verificar a superestimação desses valores, conforme a Tabela 15.

Embora o modelo de prestação por consórcio possua valores mais discrepantes, em média, a diferença entre os valores obtidos e aqueles observados possui diferença entre os dois modelos que puderam ser alcançados (Tabelas 13 e 14).

**Tabela 12** - Análise de variância do modelo de prestação feito por consórcio sem outliers: etapa 3.

	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	MQ <sup>3</sup>	F <sup>4</sup>
Regressão	2	13,411,98	6,705,989	28,92469
Resíduo	74	17156,39	231,8431	
Total	76	30,568,36		

<sup>1</sup>Graus de liberdade do modelo, considerando a amostra com 82 dados; <sup>2</sup>soma dos quadrados da amostra; <sup>3</sup>valor médio dos quadrados da amostra; <sup>4</sup>valor da variável F de Snedecor da amostra.

## CONCLUSÕES

A ideia do trabalho foi contribuir para que um dia se consiga chegar a um modelo que determine os custos de gerenciamento de resíduos sólidos. Dada a natureza desse tipo de serviço, sempre foi difícil chegar a estimativas de valores de coleta, transporte e disposição final com precisão.

A primeira dificuldade encontrada para determinar os modelos elencados neste trabalho foi a base de dados. No período de coleta dos dados, puderam-se perceber discrepâncias muito grandes entre os dados fornecidos pelos municípios para a elaboração das tabelas e os dados dos SNIS. Dessa forma, recomenda-se que os pequenos municípios forneçam a seus servidores melhor capacitação para o levantamento dos dados fornecidos para o SNIS.

Essa imprecisão dos dados fornecidos dificultou a determinação dos modelos de estimativas de custo de coleta que este trabalho apresenta, pois, conforme demonstrado, apenas para a prestação dos serviços de gerenciamento por consórcio foi possível chegar a um modelo linear que leve em conta as duas variáveis consideradas aqui, isto é, a geração de resíduos *per capita* e a distância até o local de disposição, por poucos municípios usarem esse modelo de prestação de serviço, havendo, conseqüentemente, poucos dados. Houve ainda muita discrepância no fornecimento dos dados pelos municípios, atrapalhando a obtenção de um modelo robusto.

Para municípios que fornecem o serviço por meio de empresas terceirizadas, a imprecisão dos dados fornecidos referentes à geração de resíduos domiciliares impossibilitou que essa variável fosse considerada no modelo, embora a quantidade de dados fosse tão grande quanto a de municípios que realizam o serviço por consórcio. Por fim, considerando os municípios que fornecem o serviço sob responsabilidade da administração municipal, não foi possível chegar a um modelo. Afinal, a quantidade de dados levantada foi menor do que a dos outros tipos de prestação desse serviço.

Finalmente, como não foi possível chegar a um modelo matemático que leve em conta as duas variáveis para a prestação de serviços por empresas terceirizadas, não se pôde fazer uma comparação com o modelo de prestação de serviço mediante consórcio, que pondera as duas variáveis do estudo. Dessa maneira, recomenda-se para trabalhos futuros a utilização de outros métodos de regressão mais precisos e também de *softwares* para se determinar outros custos inerentes ao serviço de gerenciamento de resíduos, como o transporte.

**Tabela 13 - Valores dos coeficientes  $\beta$  para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores: etapa 4.**

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	Valor P
Interseção ( $\beta_0$ )	3,475812	4,911696	0,70766	0,481379
Distância até local de disposição [km] ( $\beta_1$ )	0,198456	0,059211	3,351646	0,001268
Resíduos sólidos domiciliares <i>per capita</i> (t/hab.ano) ( $\beta_2$ )	183,377	26,78209	6,847	1,89E-09

**Tabela 14 - Comparação entre os valores observados do custo de coleta e os valores calculados com a equação obtida.**

Município	Valor observado em 2018 (R\$/hab.ano)	Valor calculado (R\$/hab.ano)	Diferença (R\$)	Diferença (%)
Caiçara (RS)	44,18	45,09	0,91	2,05
Derrubadas (RS)	78,31	70,59	-7,72	-9,86
Iraí (RS)	22,48	48,32	25,84	114,96
Miraguaí (RS)	39,57	31,87	-7,70	-19,47
Tenente Portela (RS)	50,31	32,59	-17,72	-35,22
Rodeio Bonito (RS)	24,70	40,48	15,77	63,86

Fonte: adaptado de Brasil (2019b).

**Tabela 15 - Análise da diferença entre os valores obtidos e observados, conforme o modelo.**

Modelo de prestação	Maior diferença (%)	Menor diferença (%)	Diferença média (%)
Exclusivo pela administração direta	Não foi possível propor modelo		
Administração direta com terceirização	20,65	60,43	42,31
Consórcio	114,96	2,05	40,90

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Oliveira, L.F.: Análise Formal, Metodologia, Escrita — Primeira Redação, Escrita — Revisão e Edição. Wartchow, D.: Obtenção de Financiamento, Metodologia.

Silva, S.W.: Metodologia, Supervisão, Escrita — Primeira Redação, Escrita — Revisão e Edição.

## REFERÊNCIAS

ALZAMORA, B.R. *Análise da cobrança por serviços de limpeza pública: exemplos internacionais e o caso de Belo Horizonte*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRANDÃO, A.D.O.; SILVA, G.N. Impactos econômicos da implantação de aterros sanitários individuais nos municípios brasileiros. *Holos*, v. 3, p. 84-96, 2011.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 27 set. 2019.

BRASIL. *Lei nº 11.445, de 5 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. Brasília, 2007.

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. Brasil, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 27 fev. 2019.

BRASIL. *Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos*. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2009. v. 3.

BRASIL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2017*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional do Saneamento, 2019a.

BRASIL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2018*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional do Saneamento, 2019b.

BRASIL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2019*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020.

- BRASIL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2020*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021.
- BUTTO, S. *IV-001 - Diretrizes para construção de tarifas para serviços de manejo de resíduos sólidos*. 2014.
- CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (CIGRES). *Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS)*. CIGRES, 2019. Disponível em: [https://liberatosalzano.rs.gov.br/uploads/norma/26532/Relatrio\\_Final\\_PIGIRS\\_CIGRES\\_2019.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwiX2bmZj9j5AhVLJrkGHVvYAZIQFnoECAYQAQ&usq=AOvVawOVyWO5EpiH7tZRZZfyA7ye](https://liberatosalzano.rs.gov.br/uploads/norma/26532/Relatrio_Final_PIGIRS_CIGRES_2019.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwiX2bmZj9j5AhVLJrkGHVvYAZIQFnoECAYQAQ&usq=AOvVawOVyWO5EpiH7tZRZZfyA7ye). Acesso em: 21 ago. 2022.
- FRANCO, D.; CASTILHOS JUNIOR, A. B.; SOUZA, K. S. Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos domiciliares e o consumo de água e energia elétrica: alternativas de tarifação da coleta de resíduos sólidos. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 10, n. 4, p. 201-224, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo demográfico*: 2010. Brasil: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 13 set. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *IPCA: Série histórica com número-índice, variação mensal e variações acumuladas em 3 meses, em 6 meses, no ano e em 12 meses (a partir de dezembro/1979)*. Brasil: IBGE, 2018.
- KNEIPP, J. M.; ROSA, L. A. B.; PERLIN, A. P.; GOMES, C. M.; FRIZZO, K. Urban solid waste management: a study in the cities of Rio Grande do Sul state. *Redes*, v. 17, n. 2, p. 175-194, 2012.
- LEMOS, L.H.A.; CARVALHO, J.F.; GURGEL, P.R.H. A análise do comportamento como subsídio possível à gestão dos resíduos sólidos. *InterEspaço*, v. 2, n. 7, p. 195-208, 2016. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.v2n7p195-208>
- MAESTRI, A.B.; THOMÉ, E.; WARTCHOW, D. Correlação entre percentual de resíduos recicláveis e indicadores socioeconômicos em municípios do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO DA ASSEMAE, 48., 2018, Fortaleza. *Anais L...* 2018, p. 11.
- MUNHOZ, C.P. Contratos de parcerias público-privadas na gestão de resíduos sólidos urbanos - estudos de caso. *Revista de Direito Sanitário*, v. 16, n. 3, p. 57-74, 2015. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9044.v16i3p57-74>
- ONOFRE, F.L. *Estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares*. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
- PINTO, E.J.A.; NAGHETTINI, M. *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. v. 1.
- RIO GRANDE DO SUL. *Resumo Executivo do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-RS)*. Porto Alegre: Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM), 2014.
- RODRIGUES, G.O.; SIMONETTO, E.O.; DALMOLIN, L.C.; MODRO, N.R.; BARROS, R.S. Uso da modelagem computacional para comparativo entre adição de diferentes percentuais de biodiesel no transporte de resíduos sólidos urbanos. *Estudos do CEPE*, n. 49, p. 80-98, 2019. <https://doi.org/10.17058/cepe.v0i49i13909>
- RODRIGUES, J.N.R. Sistema pay-as-you-throw: estudo de implementação de um instrumento econômico de incentivo. Dissertação (Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente) - Faculdade de Economia do Porto, Porto, 2013.
- RODRIGUES, W.; MAGALHÃES FILHO, L.N.L.; PEREIRA, R.S. Análise dos determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. *Urbe*, v. 8, n. 1, p. 130-141, 2015. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.008.001.A002>
- SANTOS, F. Implementação de Taxa de Resíduos Individual em Portugal - Caso de Óbidos. *Território e Ambiente Urbano*, n. 43, p. 1-6, 2010.
- SANTOS, G. O.; ZANELLA, M. E. Correlações entre indicadores sociais e o lixo gerado em Fortaleza, Ceará, Brasil. *Revista Eletrônica do Prodepa*, v. 2, n. 2, p. 45-63, 2008.
- SILVA, A. H. M.; SILVA, A. R.; ALVARENGA, E. Evaluation of the counties' urban solid waste management using multicriteria analysis: north region of Rio de Janeiro. *Brazilian Journal of Development*, v. 4, n. 2, p. 20, 2018.
- SILVA, C.L. *et al.* O que é relevante para planejar e gerir resíduos sólidos? Uma proposta de definição de variáveis para a formulação e avaliação de políticas públicas. *Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales*, v. 20, n. 1114, p. 25, 2015.
- SILVA, C. L. da; FUGIL, G. M.; SANTOYO, A. H. Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado ao município de Curitiba. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 9, n. 2, p. 276-292, 2017.
- SOUZA, C. O. M. de. Política Nacional dos Resíduos Sólidos: uma busca pela redução dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). *InterfacEHS: Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 7, n. 3, p. 15, 2012.
- TUCCI, C.E.M. *Inundações Urbanas*. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.
- VILELA, D.M.; PIESANTI, J.L. Gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos da UFGD por meio da compostagem. *Revista Ciência em Extensão*, v. 11, n. 3, p. 28-39, 2015.