

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Cidades Sustentáveis e Inteligentes

**VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO DE SERAFINA CORRÊA,
RS**

**VIABILITY OF SELECTIVE WASTE COLLECTION IMPLEMENTATION IN THE MUNICIPALITY OF
SERAFINA CORRÊA, RS**

Érica Enderle Vitalli e Ana Beatris Souza De Deus Brusa

RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos tem desafiado os gestores municipais a adotar medidas mais sustentáveis e que se adequem a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Uma ferramenta que surge é a coleta seletiva, essa que, se caracteriza pela forma de coleta de resíduos sólidos previamente segregados pelos geradores e proporciona inúmeros benefícios. Dentre os mais importantes está o aumento da qualidade e da quantidade de materiais enviados a reciclagem. Porém, devido a logística mais complexa demandada por esta forma de coleta o que acarreta custos significativamente superiores a forma tradicional de coleta, sua implementação no Brasil ainda ocorre de forma moderada. O presente estudo visa analisar a viabilidade de implantação desta forma de coleta de resíduos no município de Serafina Corrêa, sob os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Realizou-se inicialmente o dimensionamento da coleta sob dois cenários, 1 e 2, que respectivamente se caracterizaram por empregar coleta convencional e coleta seletiva. Também, estimou-se os custos necessários para execução de cada forma de coleta e a quantidade de materiais recuperados. Por fim, por meio dos resultados obtidos analisou-se a viabilidade de implantação da coleta seletiva no município em comparação com a coleta convencional. Observou-se que o custo por tonelada coletada pela coleta seletiva custa cerca de 1,6 vezes o custo da coleta convencional. Em relação a disposição final, verifica-se que o custo por tonelada coletada pela coleta seletiva diminui para 1,2 vezes o custo com a coleta convencional. Quanto a quantidade de materiais recuperados com cada modalidade constatou-se que a recuperação que ocorre com a coleta seletiva é entorno de 3,9 vezes maior. Concluiu-se que a coleta seletiva ainda é levemente mais onerosa. Porém, considerando-se a pequena disparidade de valores, a possibilidade de geração de emprego e renda e o maior aproveitamento de materiais pós-consumo sua viabilidade é comprovada.

Palavras-Chave: Resíduos sólidos, segregação, reciclagem.

ABSTRACT

The increasing generation of solid waste has challenged municipal managers to adopt more sustainable measures and adapt to the National Solid Waste Policy. One tool that emerges is selective collection, which is characterized by the form of solid waste collection previously segregated by generators and provides numerous benefits. Among the most important is the increase in the quality and quantity of materials sent for recycling. However, due to the more complex logistics demanded by this form of collection that generates costs significantly higher than the traditional form of collection, its implementation in Brazil still occurs moderately. This study aims to analyze the feasibility of implementing this form of waste collection in the municipality of Serafina Corrêa, under the economic, social and environmental aspects. Initially, the collection sizing was performed under two scenarios, 1 and 2, which respectively were characterized by consisting in conventional collection and in selective collection. Also, the costs necessary to perform each form of collection and the amount of materials recovered were estimated. Finally, the viability of implementing selective collection in the municipality was analyzed. It was observed that the cost per ton collected by selective collection costs about 1.6 times the cost of conventional collection. Regarding the final disposal, it is found that the cost per ton collected by selective collection decreases to 1.2 times the cost with conventional collection. Regarding the amount of materials recovered with each modality it was found that the recovery that occurs with selective collection is around 3.9 times greater. Thus, it was concluded that selective collection is still slightly more expensive than conventional collection. However, considering the small disparity of values, the possibility of generating employment and income and the largest amount of post-consumption materials recovered, its viability is proven.

Keywords: Solid waste, segregation, recycling.

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO DE SERAFINA CORRÊA, RS

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios de sua existência o ser humano rejeita materiais, inicialmente devido ao seu estilo de vida primitivo e ao seu comportamento nômade, entretanto essa questão não implicava em problemas. O homem retirava o necessário para suprir suas funções vitais e devolvia seus resíduos constituídos, exclusivamente, por materiais orgânicos que eram degradados facilmente pela natureza possibilitando-a de restabelecer seu equilíbrio. Com o surgimento de conglomerados urbanos a quantidade de resíduos gerados em um mesmo local aumentou, foi então que esse assunto iniciou a ganhar notoriedade devido a sua periculosidade do ponto de vista sanitário e ambiental (SANTOS, 2009; CARVALHO JUNIOR; NOGUEIRA, 2006; SPILLMANN, 2010).

O aumento da concentração de pessoas nos centros urbanos e o hábito de dispor os resíduos próximo aos domicílios foram responsáveis pela propagação de uma série de doenças nas populações urbanas. É o caso da peste negra transmitida pela pulga do rato, animal que é atraído pela sujeira, que no século XIV vitimou vinte e cinco por cento da população europeia em um de seus surtos (ELL, 1975; HUCKBODY, 1980; MARGOTTA, 1996; PORTER, 1996; apud TEIXEIRA; VALLE, 2010). A partir da percepção da relação direta entre o acúmulo de resíduos e a saúde da população os administradores públicos tomaram as primeiras medidas de saneamento urbano da história. Estas ações consistiam basicamente em afastar da população os materiais rejeitados objetivando o controle das epidemias da época (SANTOS, 2009).

Um marco histórico para a questão dos resíduos sólidos foi a Revolução Industrial, período que marcou a transição do modo artesanal de produzir para a produção com utilização de máquinas. A partir deste evento a população iniciou uma alteração do seu modo de consumir, sendo incentivada pelo novo ritmo de fabricação industrial. A amplificação do consumo ocorrida nesta época culminou em incremento na geração de resíduos sólidos, seja decorrente dos processos produtivos ou pelo descarte dos próprios produtos. Este padrão incorporado pela população pós Revolução Industrial foi potencializado com o decorrer do tempo e mantém-se até os dias atuais. Como consequência, houve um constante crescimento da geração de resíduos sólidos nesse período, fato este, que em muitos países não foi acompanhado pelo desenvolvimento da infraestrutura de saneamento das cidades originando diversos problemas (SPILLMANN, 2010).

No Brasil, a geração de resíduos sólidos urbanos tem sido incrementada ano a ano, de 2010 a 2015 houve um acréscimo de mais de 31% da quantidade produzida passando de 60.868.080 t ano⁻¹ para 79.889.000 t ano⁻¹ (ABRELPE, 2011; ABRELPE, 2016). Acredita-se que este aumento se deve, principalmente, ao crescimento da economia do país, que facilitou o acesso da população aos bens e produtos, e também devido à inserção de grande quantidade de materiais descartáveis dentre os produtos consumidos nos últimos anos (MANNARINO; FERREIRA; GANDOLLA, 2016). No ano de 2016 houve uma queda de 2% em relação ao montante gerado no ano de 2015, mas no ano de 2017 a quantidade gerada volta a crescer totalizando 78.426.820 t ano⁻¹ geradas (ABRELPE, 2017; ABRELPE, 2018).

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos do atual cenário brasileiro desafia os gestores públicos a ampliar os sistemas municipais de gestão de resíduos sólidos, que por vezes já são deficitários, para acompanhar o aumento de demanda pelos serviços. Dentro do sistema de gestão dos resíduos sólidos no Brasil a coleta domiciliar é o segmento que mais se desenvolveu nos últimos anos, atingindo em 2017 uma cobertura de coleta para a população urbana de 98,8% (BRASIL, 2019).

Além da universalização da coleta de resíduos, surge também a preocupação em adequar os sistemas municipais de gerenciamento de resíduos às exigências legais. Um importante marco regulamentatório para a temática está em vigor desde o ano de 2010, é a lei 12.305 que dentre suas ações ela institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) apresentando seus princípios, objetivos e instrumentos além das diretrizes relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

Através do conteúdo da PNRS introduziu-se uma nova forma de pensar a respeito da questão dos resíduos sólidos. Em seu Art. 9º a lei nº 12.305/2010 apresenta a ordem de prioridade que deve obrigatoriamente ser seguida na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, sendo ela: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Abandonando a ideia higienista que a resolução do problema é a simples destinação dos resíduos, ampliando a problemática para desde a fabricação até o descarte adequado de cada parcela.

Quanto ao encaminhamento de resíduos a reciclagem como previsto pela PNRS à parcela que é passível de utilização, o cenário brasileiro ainda apresenta resultados pouco satisfatórios. Do total da massa gerada no país apenas 2,1% é atualmente recuperada. Surge então, a demanda pela estruturação de uma logística que permita o retorno dos materiais pós consumo aos processos produtivos. Uma importante ferramenta tida como essencial para a consolidação e difusão da reciclagem é a coleta seletiva (CALDERONI, 1998).

Dentre os principais benefícios da implantação de coleta seletiva, que é a forma de coleta de resíduos sólidos previamente separados conforme sua constituição ou composição, estão, o aumento da qualidade e da quantidade de materiais encaminhados para a reciclagem e por consequência a redução do volume de resíduos encaminhados para a disposição final. Prolongando a vida útil dos aterros sanitários e reduzindo a quantidade de áreas a serem impactadas. E a educação e a conscientização ambiental da população (BRASIL, 2010; VILHENA, 2013).

Apesar das inúmeras vantagens da coleta seletiva sua implementação ainda sofre certa resistência pelos gestores públicos devido ao seu custo ser superior ao da coleta convencional. Segundo dados da CEMPRE (2019) estima-se que o custo médio da coleta seletiva por tonelada de resíduo seja de US\$ 117,93 enquanto o valor médio da coleta regular é de US\$ 25,00 cerca de 4,6 vezes menos.

A realidade brasileira da dificuldade de implementação da coleta seletiva é apresentada pelo diagnóstico dos resíduos sólidos do ano de 2017, este que obteve informação de 3.556 municípios brasileiros, sendo 63,8% do total e abrangendo cerca de 80,1% da população. Dos municípios participantes, 22,5% disseram apresentar coleta seletiva sob alguma modalidade. Este dado, porém, ainda é muito impreciso não permitindo o conhecimento da real situação da coleta seletiva no país, pelo fato de não se ter detalhamento da abrangência dessa coleta seletiva em cada município. Podendo ela ser efetuada na totalidade ou em uma pequena parcela do território (BRASIL, 2019).

Apesar dos diversos benefícios citados, a implantação da coleta seletiva nos municípios brasileiros, destacadamente nos de pequeno porte, sofre resistência devido aos seus custos de implantação e operação, que geralmente são mais onerosos que se adotado o modelo convencional. Porém, diante da demanda da atual sociedade faz-se necessário avaliar criteriosamente a viabilidade de implantação deste sistema, levando-se em conta além dos aspectos econômicos, os aspectos sociais e ambientais associados. O objetivo deste trabalho é então, verificar a viabilidade de implantação de coleta seletiva no município de Serafina Corrêa sob os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Serafina Corrêa localizado no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, a cerca de 300 km da capital Porto Alegre (SERAFINA CORRÊA, 2019).

A população estimada para o município no ano de 2018 é de 17.198 habitantes (IBGE, 2019). A Tabela 1 apresenta a população residente no município de Serafina Corrêa nos anos de 2000 e 2010.

Tabela 1 – População do município de Serafina Corrêa, RS.

Ano	População (habitantes)		Total
	Urbana	Rural	
2000 ¹	8416	2478	10894
2010 ²	12054	2199	14253

Fonte: ¹(IBGE, 2000); ²(IBGE, 2010).

A geração per capita de resíduos sólidos no município segundo Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos no ano de 2012 era 0,43 kg hab⁻¹ dia⁻¹ (AMBIATIVA CONSULTORIA AMBINETAL LTDA, 2012). Ainda, de acordo com Ambiativa Consultoria Ambiental Ltda no ano de 2014 a geração per capita era de 0,57 kg hab⁻¹ dia⁻¹ para o município de Serafina Corrêa (AMBIATIVA CONSULTORIA AMBINETAL LTDA, 2014).

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Serafina Corrêa é: 40,01% de resíduos biodegradáveis (matéria orgânica); 32,33% de resíduos recicláveis; 27,68% de resíduos descartáveis (contaminante biológico, medicamentos, borracha, terra e cerâmica, perigosos, contaminante químico, resíduos têxteis e rejeitos) (AMBIATIVA CONSULTORIA AMBINETAL LTDA, 2014).

2.1 DIMENSIONAMENTO DA COLETA

A definição dos cenários de estudo está associada ao tipo de coleta de resíduos sólidos a ser desenvolvida. Neste trabalho, para fins comparativos foram estudados dois cenários: o cenário 1 prevê a implantação da forma convencional de coleta de resíduos sólidos em toda a zona urbana do município de Serafina Corrêa e em parte da zona rural que compreende o caminho, o entorno e a área do camping Carreiro; e o cenário 2 prevê a implantação de coleta seletiva de resíduos sólidos em toda a zona urbana do município de Serafina Corrêa e em parte da zona rural que compreende o caminho, o entorno e a área do camping Carreiro.

Por causa das grandes distâncias que devem ser percorridas para a operação da coleta no restante da zona rural do município esta torna-se muito onerosa. Desta forma, devido a população rural possuir área para tratamento e aproveitamento dos resíduos orgânicos e de alguns rejeitos (papel higiênico), prevê-se que estes, por ser aqueles que demandam maior frequência de coleta por medidas sanitárias, sejam tratados na própria propriedade. Assim, prevê-se que na zona rural será implantada coleta de resíduos recicláveis e de rejeitos com frequência mensal. Desta forma, esta parcela da coleta não é considerada neste dimensionamento.

O horizonte de projeto foi definido por meio de uma análise custo-benefício, de modo a ponderar entre os gastos excessivos com um superdimensionamento da coleta domiciliar de resíduos sólidos e a necessidade de ampliações imediatas de um dimensionamento mínimo. Desta forma, adotou-se um horizonte de projeto para a coleta de 5 anos (2017-2022).

A população de projeto para Serafina Corrêa foi estimada pelo método geométrico de estimativa de crescimento populacional, apresentado nas Equações 1 e 2.

$$P = P_2 e^{K_g(t-t_2)} \quad (1)$$

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Sendo: P_1 = população ano t_1 (habitantes); P_2 = população ano t_2 (habitantes); P = população estimada - ano t (habitantes); K_g = taxa de crescimento geométrico.

Através dos dados de geração per capita de resíduos sólidos de Serafina Corrêa para o ano de 2012 e 2014 calculou-se o incremento anual desta geração no período analisado, conforme Equação 3.

$$I = \frac{G_{pct2} - G_{pct1}}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

Sendo: G_{pct1} = geração per capita de resíduos sólidos na primeira observação - t_1 ($\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); G_{pct2} = geração per capita de resíduos sólidos na última observação - t_2 ($\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); I = Incremento da geração per capita ($\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Considerando que a geração de resíduos sólidos no país se mantém crescente porém, em ritmo inferior aos últimos anos conforme ABRELPE (2015), assumiu-se que o crescimento da geração per capita do município de Serafina Corrêa seguirá esta tendência. Também, pelo fato do município de Serafina Corrêa ter características que indicam que ocorreram mudanças no modelo de consumo da população após 2014 e que possivelmente continuarão ocorrendo alterações neste, o crescimento da geração per capita de resíduos sólidos para o horizonte de projeto foi admitido como sendo a metade do incremento anual calculado para o período dos dados. Desta forma, foi calculada a geração per capita para o horizonte de projeto pela Equação 4.

$$G_{pc} = G_{pct2} + (t - t_2) \times \frac{I}{2} \quad (4)$$

Sendo: G_{pct2} = geração per capita de resíduos sólidos na última observação - t_2 ($\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); G_{pc} = geração per capita de resíduos sólidos para o horizonte de projeto - t ($\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$).

Utilizando-se uma planta do município de Serafina Corrêa obtida na prefeitura municipal e com o auxílio do programa Google Earth foram organizadas zonas, dividindo-se a área da coleta de resíduos sólidos. As zonas foram formadas agrupando-se as regiões com características homogêneas de intensidade de ocupação. Ainda, com o emprego destas ferramentas foram determinados o comprimento das ruas e o número das edificações habitacionais de cada zona.

A quantidade de residências por zona, em termos percentuais, foi determinada com base no número de habitações da zona e no somatório do total de habitações, conforme apresentado na Equação 5.

$$PRes_{zona} = \frac{Res_{zona} \times 100\%}{\sum Res_{zonas}} \quad (5)$$

Sendo: $PRes_{zona}$ = percentual de residências da zona (%); Res_{zona} = número de residências na zona (residências); $\sum Res_{zonas}$ = somatório das residências de todas as zonas (residências).

A partir desta porcentagem e através da população de projeto calculada estimou-se a quantidade de habitantes em cada zona, conforme Equação 6.

$$\text{Pop}_{\text{zona}} = \frac{\text{Pop}_{\text{proj}} \times \text{PRes}_{\text{zona}}}{100\%} \quad (6)$$

Sendo: Pop_{zona} = população do zona (habitantes); Pop_{proj} = população de projeto (habitantes).

A estimativa da geração de resíduos sólidos por zona foi calculada a partir dos dados populacionais da zona e da geração per capita calculada para o município, conforme a Equação 7.

$$G_{\text{zona}} = \text{Pop}_{\text{zona}} \times G_{\text{pc}} \quad (7)$$

Sendo: G_{zona} = quantidade de resíduos sólidos gerada na zona (kg dia^{-1}); G_{pc} = geração per capita de resíduos sólidos ($\text{kg hab}^{-1} \text{dia}^{-1}$).

A Equação 8 foi empregada para o cálculo da quantidade de resíduos sólidos domiciliares recicláveis ou não recicláveis para o Cenário 2, considerando os dados da composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Serafina Corrêa.

$$\text{GX}_{\text{zona}} = \text{Pop}_{\text{zona}} \times G_{\text{pc}} \times P_x \quad (8)$$

Sendo: GX_{zona} = geração de resíduos sólidos recicláveis ou não recicláveis na zona (kg dia^{-1}); P_x = percentual de materiais recicláveis ou não recicláveis (%); $X = R$ ao se tratar de resíduos recicláveis; $X = N$ ao se tratar de resíduos não recicláveis.

A definição da frequência e do horário da coleta foram definidos mediante a conciliação entre os custos e os benefícios de cada alternativa analisada.

A escolha dos coletores a serem empregados na coleta municipal levou em conta as condições de acondicionamento dos resíduos propiciadas por cada opção e os custos com sua aquisição.

A partir da frequência de coleta estabelecida calculou-se o volume necessário de armazenamento de resíduos sólidos de cada zona, conforme a Equação 9. Como não há dados do peso específico médio dos resíduos sólidos do município, utilizou-se o valor de 250 kgf m^{-3} que segundo Vilhena (2010) é o peso específico médio dos resíduos sólidos urbanos.

$$V_{\text{arm}} = \frac{F \times G_{\text{setor}}}{\gamma_{\text{res}}} \quad (9)$$

Sendo: V_{arm} = volume de armazenamento (m^3); F = frequência da coleta (dias); γ_{res} = peso específico dos resíduos sólidos (kg m^{-3}).

A partir do volume de armazenamento, calculou-se o número mínimo de coletores necessários para cada zona, conforme Equação 10.

$$N_{\text{col}} = \frac{V_{\text{arm}}}{V_{\text{col}}} \quad (10)$$

Sendo: N_{col} = número mínimo de coletores (coletor); V_{col} = volume de cada coletor (m^3).

Com base no número mínimo de coletores necessários, através da Equação 11 determinou-se a distância entre os coletores a serem alocados nas vias da zona.

$$D_{\text{col}} = \frac{\sum C_{\text{ruas}}}{N_{\text{col}}} \quad (11)$$

Sendo: D_{col} = distância entre coletores estacionados (m); $\sum C_{\text{ruas}}$ = somatório do comprimento de todas as ruas da zona (m).

Visando a comodidade da população ao descartar seus resíduos sólidos adotou-se 200 m como distância máxima entre coletores. Logo, para as zonas que obtiverem distâncias superiores a esse valor recalculou-se o número de coletores com a máxima distância estabelecida, conforme a Equação 12.

$$N_{col} = \frac{\sum C_{ruas}}{200} \quad (12)$$

No caso do Cenário 2, efetuou-se o mesmo cálculo, porém dimensionando a quantidade de coletores para as duas modalidades da segregação. De modo a prezar pela comodidade da população e pelo bom desenvolvimento da coleta seletiva sempre será alocado um coletor de cada tipologia em cada ponto. Logo, adotou-se o maior número de coletores calculado para ambas as tipologias.

A área da coleta de resíduos sólidos do município de Serafina Corrêa foi dividida de modo a agrupar regiões com características semelhantes de tipo e intensidade de ocupação, com o objetivo de realizar o dimensionamento do número de veículos, da guarnição e dos itinerários da coleta.

Selecionou-se o modelo de veículo para a coleta municipal através da análise dos benefícios e dos custos das opções estudadas.

O número de veículos necessários para cada setor da coleta de resíduos sólidos foi calculado através da Equação 13, adaptada de Vilhena (2010).

$$N_v = \frac{1}{J} \left\{ \left(\frac{L}{V_c} \right) + 2 \left(\frac{D_g}{V_t} \right) + 2 \left[\left(\frac{D_d}{V_t} \right) \left(\frac{M_{tot}}{C} \right) \right] \right\} \quad (13)$$

Sendo: N_v = número de veículo por setor (veículos); J = duração útil da jornada de trabalho da guarnição (horas); L = extensão total das vias (km); V_c = velocidade média da coleta (km h^{-1}); D_g = distância entre a garagem e o setor de coleta (km); D_d = distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga (km); V_t = velocidade média do veículo nos percursos de posicionamento e transferência (km h^{-1}); M_{tot} = quantidade total de resíduos a ser coletada no município (kg); C = capacidade dos veículos (kg).

A frota é o número total de veículos necessários para a operação da coleta do município, esta foi calculada a partir do número de veículos necessários para cada setor e da frequência da coleta estabelecida.

O número de funcionários coletores foi estabelecido com base na quantidade de resíduos a ser coletada, de forma a não gerar desgaste excessivo aos trabalhadores. A partir do número de funcionários coletores, determinou-se a guarnição de coleta pela Equação 14. O número total de guarnições foi estabelecido pela frota necessária para a coleta.

$$U = T_{colr} + 1 \quad (14)$$

Sendo: T_{colr} = trabalhadores coletores necessários (pessoas); U = guarnição da coleta (pessoas).

O número de roteiros necessários para cada setor foi determinado pela divisão da quantidade de resíduos a ser coletada em cada setor pela capacidade do veículo coletor a ser utilizado. A partir da planta do Município de Serafina Corrêa, e com auxílio do programa Google Earth traçou-se trajetos base em cada zona da coleta (somatório de todas as ruas). Estes percursos serão utilizados no futuro estabelecimento dos roteiros de coleta em cada setor, não desenvolvidos neste trabalho.

2.2 ESTIMATIVA DE CUSTOS

A estimativa de custos da coleta foi realizada com base na tabela orçamentária para a coleta dos resíduos sólidos do município de Serafina Corrêa no ano de 2015 (SERAFINA CORRÊA, 2015).

Os valores unitários dos insumos, em reais, foram corrigidos para o ano de 2017 por meio da utilização da calculadora do cidadão do Banco Central do Brasil (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017). O índice selecionado para correção foi o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) de responsabilidade do Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor que efetua a produção sistemática deste tendo com unidade de coleta estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, concessionárias de serviços públicos e domicílios (IBGE, 2017).

2.2.1 Custos fixos

Entre os custos fixos está o custo com a depreciação dos veículos que foi calculado através da Equação 15.

$$Dd = Av_c \times Pv_d + Ac_c \times Pc_d \quad (15)$$

Sendo: Dd = custo com depreciação do veículo (R\$); Av_c = custo com a aquisição do veículo (R\$); Pv_d = percentual de depreciação do veículo no período analisado (%); Ac_c = custo com a aquisição da carroceria (R\$); Pc_d = percentual de depreciação da carroceria no período analisado (%).

O valor total gasto com os veículos coletores foi determinado a partir do somatório dos custos com a depreciação dos veículos no período, os impostos, o licenciamento e os seguros, conforme Equação 16.

$$Dv = Dd + ILS \quad (16)$$

Sendo: Dd = custo com depreciação do veículo (R\$); Dv = despesas com veículos (R\$); ILS = despesas com impostos, licenciamento e seguros (R\$).

O valor do adicional de insalubridade de cada trabalhador foi calculado pela Equação 18.

$$AI = SM \times PA_i \quad (17)$$

Sendo: AI = adicional de insalubridade (R\$); SM = salário mensal (R\$); PA_i = percentual adicional de insalubridade (%).

Os gastos com encargos sociais para cada trabalhador foram calculados conforme a Equação 18.

$$ES = (SM + HE + AI) \times PE_s \quad (18)$$

Sendo: AI = adicional de insalubridade (R\$); ES = despesas com encargos sociais (R\$); HE = despesas com horas extras (reais); PE_s = percentual de custos com encargos sociais (%).

O custo com 13º salário e o período de férias de cada trabalhador foi calculado empregando-se a Equação 19.

$$F = (SM + HE + AI + ES) \times 2 \quad (19)$$

Sendo: AI = adicional de insalubridade (R\$); SM = salário mensal (R\$); ES = despesas com encargos sociais (R\$); HE = despesas com horas extras (R\$); F = despesas com férias e 13º salário (R\$).

O custo com cada funcionário da coleta foi calculado levando em consideração o salário normal, horas extras, adicional de insalubridade, encargos sociais, 13º salário, férias e vale transporte. O custo total com cada equipe de funcionários de uma mesma função foi calculado pela multiplicação da quantidade necessária para a função pelo custo unitário com cada funcionário. O custo total com mão de obra foi calculado pelo somatório dos custos com cada equipe.

Outro custo fixo é o custo com uniformes e equipamentos de proteção individual, o qual foi calculado por meio da multiplicação da quantidade utilizada pelo preço por unidade. Considerando para tal, como uniformes e EPI's, a camiseta, a jaqueta, a calça, o boné, os tênis, a meia, a luva de proteção, a capa de chuva e o colete refletivo. O custo total com EPI's e uniformes foi calculado pelo somatório do custo com cada item.

O custo com os coletores de armazenamento foi calculado através da multiplicação da quantidade de contêineres a ser adquirida pelo preço unitário. Considerando que a depreciação dos contêineres será de 100% no período de 5 anos, calculou-se o custo mensal pela divisão do total a ser gasto com a aquisição dos recipientes pelo período de depreciação dos mesmos.

O total de custos fixos foi calculado pela Equação 20.

$$CF = D_v + D_{mo} + D_{EPI} + D_{ct} \quad (20)$$

Sendo: CF = total custos fixos (R\$); D_{mo} = custo com mão de obra (R\$); D_{EPI} = custo com EPI's (R\$); D_{ct} = custo com coletores de armazenamento (R\$).

2.2.2 Custos variáveis

Os custos com materiais de consumo são custos variáveis e foram calculados levando-se em conta despesas com óleos, graxa e conjunto de pneus.

A quilometragem mensal total da coleta utilizada para o cálculo dos insumos foi calculada pela Equação 21.

$$QM = \left(\sum QM_R \times N_{dc} + \left(2 \times D_d \left(\frac{M_{tot}}{C} \right) \times N_{dc} \right) \right) + (2 \times D_g \times N_{dct}) \quad (21)$$

Sendo: QM = quilometragem mensal de coleta; QM_R = quilometragem do percurso base do setor (km); N_{dc} = número de dias de coleta do setor (dia); N_{dct} = número de dias de coleta total no mês (dia); M_{tot} = massa total coletada no setor (kg).

Os custos com a manutenção dos veículos também são custos variáveis, e foram calculados pela Equação 22.

$$C_{mn} = (A_{v_c} + A_{c_c}) \times P_{mn} \quad (22)$$

Sendo: A_{v_c} = custo com a aquisição do veículo (R\$); A_{c_c} = custo com a aquisição da carroceria (R\$); C_{mn} = despesas com a manutenção de veículos (R\$); P_{mn} = percentual de manutenção de veículos (%).

O total de custos variáveis foi calculado pela Equação 23.

$$CV = C_{mc} + C_{mn} \quad (23)$$

Sendo: C_{mn} = despesas com a manutenção de veículos (R\$); CV = total de custos variáveis (R\$); C_{mc} = despesas com materiais de consumo (R\$).

O custo total da coleta foi calculado pelo somatório dos custos fixos com os custos variáveis, acrescidos do valor de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), conforme apresentado na Equação 25. Adotou-se o valor do BDI de 25,63% conforme Serafina Corrêa (2015).

O valor do BDI, foi calculado pela Equação 24.

$$BDI = (CF + CV) \times PBDI \quad (24)$$

Sendo: CV = total de custos variáveis (R\$); CF = total de custos fixos (R\$); PBDI = percentual unitário de despesas com BDI (%); BDI = benefícios e despesas indiretas (R\$).

$$DT = CF + CV + BDI \quad (25)$$

Sendo: DT = custo total da coleta (R\$).

Através da Equação 26 calculou-se o custo mensal por tonelada coletada.

$$CTT = \frac{DT}{M_{tot}} \quad (26)$$

Sendo: CTT = custo mensal por tonelada coleta (R\$). M_{tot} = quantidade total de resíduos a ser coletada (tonelada).

Calculou-se também o custo total da coleta e disposição final de resíduos sólidos e o custo total da coleta e disposição final por tonelada, respectivamente pela Equação 27 e Equação 28.

$$CCD = DT + (M_{tot} \times CDF) \quad (27)$$

Sendo: DT = custo total da coleta (R\$); CCD = custo mensal com coleta e disposição final (R\$); M_{tot} = quantidade total de resíduos a ser coletada (tonelada); CDF = Custo disposição final por unidade de massa (R\$ kg aterrado⁻¹).

$$CDT = \frac{CCD}{M_{tot}} \quad (28)$$

Sendo: CDT = custo mensal com coleta e disposição final por tonelada (R\$); M_{tot} = quantidade total de resíduos a ser coletada (tonelada).

2.3 ESTIMATIVA DE MATERIAIS RECUPERADOS

Calculou-se a massa de resíduos que será recuperada do total que passará pela usina de triagem no cenário 1 pela Equação 29. Considerou-se para este cálculo que a eficiência desta será de 7,81%, conforme eficiência de usina de triagem apresentada por Lenz (2017).

$$M_{rec} = 0,0781 \times M_{tot} \quad (29)$$

Sendo: M_{rec} = massa total recuperada de resíduos (toneladas); M_{tot} = massa total mensal coletada (toneladas).

Através da composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município calculou-se a porcentagem de cada material sobre a fração de materiais recicláveis, conforme a Equação 30. E, através da Equação 31 calculou-se a massa de materiais recicláveis segundo cada tipologia (recicláveis e não recicláveis).

$$P_{rec} = \frac{P_{cv} \times 100\%}{P_{RR}} \quad (30)$$

Sendo: P_{rec} = percentual de materiais recuperados (%); P_{cv} = percentual de cada material da composição gravimétrica dos resíduos sólidos (%); P_{RR} = percentual total da composição gravimétrica de resíduos recicláveis (%).

$$MX_{rec} = P_{rec} \times M_{rec} \quad (31)$$

Sendo: MX_{rec} = massa de cada tipologia recuperada (tonelada).

Foram também estimados os valores a serem arrecadados com a comercialização dos materiais recicláveis, os dados referentes ao custo dos materiais foram obtidos de CEMPRE (2017) para os municípios de Canoas e Porto Alegre (municípios do estado do Rio Grande do Sul que apresentam dados nesta fonte) realizou-se então, uma média entre os valores dos dois. A partir do valor médio por tonelada no estado efetuou-se o cálculo do ganho com a comercialização dos resíduos sólidos através da multiplicação da quantidade a ser comercializada pelo valor unitário de cada tipologia.

A quantidade de materiais a serem recuperados para o cenário 2 foi calculada pela utilização da Equação 32, adotou-se que o funcionamento da coleta seletiva seja eficiente e que o aproveitamento de materiais recicláveis será de 95%. Os valores com a comercialização dos resíduos foram calculados conforme o procedimento adotado para o cenário 1.

$$M_{\text{rec}} = \frac{M_{\text{tot}} \times P_{\text{cv}} \times 0,95}{100\%} \quad (32)$$

Sendo: M_{rec} = massa total recuperada de resíduos (toneladas); M_{tot} = massa total mensal coletada (toneladas); P_{cv} = percentual de cada material da composição gravimétricas dos resíduos sólidos (%).

3 RESULTADOS

A partir dos dados populacionais apresentados estimou-se a população para o município de Serafina Corrêa para o horizonte de projeto, ano de 2022. Resultando em 18.551 habitantes para a zona urbana e 1.906 habitantes para a zona rural.

Tendo-se em vista que a geração de resíduos sólidos continua em crescimento, porém de forma mais lenta que nos últimos anos, adotou-se uma taxa de crescimento de 50% o crescimento do período analisado, ou seja, $0,035 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Deste modo, calculou-se a geração per capita para o ano de 2022 que resultou em $0,85 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. O resultado calculado demonstra um expressivo incremento de geração per capita no período de 10 anos, porém segundo BRASIL (2019) o valor médio da geração per capita de resíduos sólidos para municípios com população inferior a 30.000 habitantes no ano de 2017 era de $0,89 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Desta forma, o valor obtido apesar de refletir em uma alteração abrupta na característica da geração per capita do município não se apresenta em discordância com a realidade nacional.

A zona urbana do município foi dividida em zonas de coleta de resíduos sólidos agrupando áreas com características semelhantes. Verifica-se que na zona urbana o somatório do comprimento das vias é de 58,22 km e o setor Gramadinho possui 24,16% deste comprimento total e 27,69% das economias da zona urbana (Tabela 3). Percebe-se também que o somatório da extensão das vias na zona Carreiro é significativo enquanto que o número de residências é inferior a todos os outros setores (Tabela 2). Isso devido ao fato desta zona demandar um deslocamento de quase 10 km até o Camping Carreiro, e também por ser na zona rural aonde a densidade demográfica é baixa. Comparando-se o dado contabilizado de 3.981 residências para o município de Serafina Corrêa com o dado apresentado pelo IBGE (2010) de 4.541 residências verifica-se que o número encontrado é inferior a realidade. A diferença obtida pode estar relacionado com a metodologia utilizada para a contabilização dos domicílios, a qual dificulta a contagem das residências verticais e ainda dificulta a distinção entre os locais residenciais, comerciais e industriais.

Tabela 2 – Dados levantados para as zonas da zona rural, Serafina Corrêa, RS

Zona	Comprimento das vias (m)	Residências	Porcentagem residências (%)	População (hab.)	População adotada (hab.)
Carreiro	9934	196	36,84	702,21	703
Interior	*	336	63,16	1.203,79	1.204
Total		532	100,00	1.906,00	1.907

* Valor não calculado.

Através da análise dos dados verifica-se que o setor Carreiro é o menos populoso com 703 habitantes e o setor Gramadinho o mais populoso com 5.137 habitantes.

A partir dos dados populacionais de cada zona e da geração per capita de resíduos sólidos calculada para o município para o horizonte de projeto, calculou-se a geração de resíduos sólidos por zona. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 – Dados levantados para as zonas da zona urbana, Serafina Corrêa, RS

Zona	Comprimento das vias (m)	Residências	Porcentagem das residências (%)	População calculada (hab.)	População adotada (hab.)
Aparecida	4.360,94	251	7,28	1.350,04	1.351
Perim	6.484,86	271	7,86	1.457,62	1.458
Jardim Itália	5.620,86	290	8,41	1.559,81	1.560
Bela Vista	5.834,81	261	7,57	1.403,83	1.404
Planalto	4.945,91	324	9,39	1.742,69	1.743
Centro	7.825	533	15,45	2.866,83	2.867
Santin	9.079	564	16,35	3.033,56	3.034
Gramadinho	14.066	955	27,69	5.136,62	5.137
Total	58.217,38	3.449	100,00	18.551,00	18.554

Tabela 4– Geração de resíduos sólidos por zona da coleta, Serafina Corrêa, RS

Zona	Cenário 1		Cenário 2	
	Geração total (kg dia ⁻¹)	Geração Recicláveis (kg dia ⁻¹)	Geração não Recicláveis (kg dia ⁻¹)	
Aparecida	1.148,35	371,26	777,32	
Perim	1.239,30	400,67	838,88	
Jardim Itália	1.326,00	428,70	897,57	
Bela Vista	1.193,40	385,83	807,81	
Planalto	1.481,55	478,99	1.002,86	
Centro	2.436,95	787,87	1.649,57	
Santin	2.578,90	833,76	1.745,66	
Gramadinho	4.366,45	1.411,67	2.955,65	
Carreiro	597,55	193,19	404,48	
Total	16.368,45	5.291,92	11.079,80	

Considerando-se o critério de custo e benefício da coleta de resíduos sólidos, para o município de Serafina Corrêa, optou-se pela frequência de três vezes por semana no cenário 1, em função da frequência mínima admissível para o país. Por não ocorrer problemas de trânsito intenso no município e prezando pela economia com o serviço de coleta optou-se por realizar esse serviço no período diurno. No cenário 2 também foi adotado a frequência de coleta de três vezes na semana para a parcela de resíduos não recicláveis. Já para os resíduos recicláveis, por serem menos favoráveis a proliferação de vetores, a frequência de coleta estabelecida é de uma vez por semana. Com relação ao período de execução da coleta dos resíduos sólidos será da mesma forma que o Cenário 1.

O total de contêineres calculados para o cenário 1 foi de 311 contêineres. Para o cenário 2 foram estimados como necessários 610 contêineres, sendo 305 para abrigar os resíduos não recicláveis e 305 para abrigar os resíduos recicláveis.

A área total da coleta foi dividida em dois setores. O setor 1 compreende as zonas Perim, Jardim Itália, Bela Vista e Carreiro. Este setor possui densidade populacional baixa e é exclusivamente habitacional. O setor 2 compreende as zonas Planalto, Centro, Gramadinho e

Santim. Este setor apresenta tanto áreas habitacionais como também comerciais e industriais. Ainda, é característica deste setor densidade populacional elevada.

Selecionou-se a utilização de veículo compactador para a realização da coleta no cenário 1 por apresentar melhor eficiência e gerar menor desgaste para os trabalhadores da coleta. O veículo compactador a ser utilizado possui capacidade de 10 m³, apresentando grau de compactação de 3:1. Já para o cenário 2, optou-se pela utilização de caminhão compactador para o recolhimento dos resíduos não recicláveis e caminhão baú para o recolhimento dos resíduos recicláveis.

Para o cálculo do número de veículos por setor da coleta convencional são adotados alguns parâmetros: duração da jornada de trabalho da guarnição de 8 horas; velocidade média da coleta de 6 km h⁻¹ (VILHENA, 2010); distância entre a garagem e o setor de coleta de 3 km; distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga de 5 km, distância aproximada ao aterro sanitário localizado no município; velocidade média nos percursos de posicionamento e transferência de 30 km h⁻¹ (VILHENA, 2010); capacidade do veículo de 7.500 kg, sendo este um caminhão com capacidade de compactação 3:1; capacidade do veículo para coleta de resíduos recicláveis de 3.500 kg, sendo este um caminhão sem compactação.

Calculou-se então o número de veículos para cada cenário de coleta necessários, totalizando a necessidade de um veículo compactador para o cenário 1 e de dois veículos para o cenário 2, um compactador e um não compactador.

No cenário 1 estabeleceu-se que a equipe de trabalhadores coletores será composta por três homens, então calculou-se a guarnição da coleta, resultando em 4 pessoas. Para o cenário 2 como serão utilizados dois veículos coletores serão necessárias duas guarnições de coleta. Estabeleceu-se que a equipe da coleta de resíduos não recicláveis será composta por apenas dois trabalhadores coletores, logo a guarnição da coleta será constituída por três integrantes. Determinou-se que a equipe de coleta de resíduos recicláveis também será composta por dois homens, logo a guarnição da coleta será constituída por três integrantes.

O número de roteiros necessários no cenário 1 para o setor 1 é de 3 roteiros enquanto para o setor 2 o número necessário calculado foi de 5 roteiros. O percurso traçado como base ao estabelecimento dos roteiros pelas vias do setor é de 37,67 km para o setor 1 e de 32,62 km para o setor 2. A quantidade de roteiros calculada no cenário 2 para o setor 1 é de 4 roteiros para a coleta de resíduos recicláveis e 2 roteiros para a coleta de resíduos não recicláveis. Para o setor 2 serão necessários 7 roteiros para a coleta de resíduos recicláveis e 3 roteiros para a coleta de resíduos não recicláveis. As distâncias base para o traçado dos roteiros são as mesmas apresentadas no Cenário 1.

Através do cálculo executado pela calculadora do cidadão obteve-se um fator de correção de R\$ 1,09 para atualizar os valores de dezembro de 2015 a maio de 2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017). O fator de correção foi utilizado para atualizar os valores unitários da tabela orçamentária do município de Serafina Corrêa de dezembro de 2015 que será utilizada como base para a estimativa de custos da coleta, cujos resultados são apresentados na Tabela 5.

Ao analisar os custos de coleta por tonelada calculados observa-se que o custo por tonelada coletada da coleta seletiva custa cerca de 1,6 vezes o custo por tonelada coletada pela coleta convencional. Isso ocorre principalmente, devido a modalidade de coleta seletiva selecionada, que apesar da vantagem de proporcionar maior comodidade a população e assim maior participação demanda uma logística mais sofisticada e por consequência mais onerosa. Desta forma, uma medida que possivelmente reduziria a diferença de custos entre os dois sistemas seria a adoção de coleta seletiva por pontos de entrega voluntária. Modalidade que demanda logística relativamente simples se comparada a coleta seletiva porta a porta o que por consequência necessita um investimento menor.

Tabela 5 – Custos com a coleta e disposição final de resíduos sólidos, Serafina Corrêa, RS

Discriminação	Cenário 1 (R\$)	Cenário 2 (R\$)
Custos fixos mensais	30.281,27	49.990,64
Custos variáveis mensais	7.767,29	11.915,77
BDI mensal	9.751,85	15.866,61
Custo coleta	47.800,40	77.773,02
Custo disposição final	38.962,30	29.268,55
Custo total mensal coleta e disposição final	86.762,7	107.041,57
Custo total mensal coleta e disposição final por tonelada	176,69	217,98

Comparando-se os resultados obtidos com Cempre (2019) observa-se que o custo por tonelada de coleta convencional estimado está muito próximo do valor de R\$ 95,00 apresentado por esta fonte. Porém, o custo por tonelada coletada na coleta seletiva estimado apresenta grande disparidade se comparado com o valor de 442,24 reais trazido pela fonte citada.

Pela diferença de valores encontrada entre os dois cenários estudados desmistifica-se que a coleta seletiva é absurdamente mais onerosa que a coleta convencional. Verdadeiramente ela ainda apresenta um custo mais elevado, porém se analisado, esta não expressiva diferença entre os dois valores será compensada pelos benefícios decorrentes da implantação desta modalidade de coleta.

Comparando-se os valores calculados por tonelada com coleta e disposição final verifica-se que o custo por tonelada coletada pela coleta seletiva diminui para 1,2 vezes o custo por tonelada com a coleta convencional. Fato ocasionado pela diminuição da quantidade de materiais encaminhados para aterramento na modalidade de coleta seletiva garantido assim a redução dos custos com disposição final. Estes resultados que apresentam a redução da disparidade de custos entre a coleta convencional e a coleta seletiva reforçam a viabilidade de implantação da coleta seletiva no município de Serafina Corrêa. A diferença pouco significativa a ser gasta com a seleção da coleta seletiva será atenuada pelos benefícios que este sistema gerará.

A Tabela 9 apresenta os resultados da quantidade de materiais recuperada em cada cenário, bem como o valor a ser arrecadado com a comercialização destes materiais.

Tabela 9 – Estimativa de materiais recuperados pela coleta, Serafina Corrêa, RS

	Cenário 1	Cenário 2
Massa mensal de resíduos sólidos recuperada (ton)	38,35	150,91
Total (R\$)	16.714,73	65.772,77

Ao observar a quantidade de materiais recuperados com cada modalidade de coleta constata-se que a recuperação que ocorre com a coleta seletiva é entorno de 3,9 vezes maior que a recuperação de materiais com a coleta convencional. Resultado que demonstra a relevância da modalidade de coleta seletiva para o aproveitamento de materiais como matérias primas e por consequência, para a redução da exploração de recursos naturais. Pelos dados de renda mensal com materiais recicláveis recuperados, percebe-se também o lucrativo negócio para o município de manter estes materiais no próprio território, seja por meio de doação, garantindo emprego e renda para munícipes.

4 CONCLUSÃO

Do ponto de vista econômico verifica-se que a coleta seletiva ainda é levemente mais onerosa que a coleta convencional, porém se ampliada a análise econômica para coleta, disposição final e aproveitamento de materiais a coleta seletiva mostra-se cada vez mais viável e apresenta mais vantagens que a coleta convencional. Do ponto de vista social o maior aproveitamento de materiais e a possibilidade de gerar emprego e renda torna a coleta seletiva a alternativa com melhores resultados. Do ponto de vista ambiental, a redução da quantidade de materiais encaminhados para o aterro sanitário e por consequência, o prolongamento da vida útil dos mesmos, o maior aproveitamento de materiais pós consumo como matérias primas e a redução da exploração de recursos naturais tornam a coleta seletiva a alternativa mais viável. Por fim, do ponto de vista ambiental a prefeitura estará se adequando em parte a política nacional de resíduos sólidos, exigência de cunho legal do ano de 2010, ao não enviar seus resíduos recicláveis para aterro sanitário.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil 2010**. São Paulo, 2011.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil 2015**. São Paulo, 2016.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil 2016** São Paulo, 2017.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil 2017**. São Paulo, 2018.

AMBIATIVA CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA. **Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Setembro, 2012. 137 p.

_____. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Serafina Corrêa**. 2014. 22 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do cidadão**. Disponível em:

<<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>>. Acesso em: 23 jun. 2019.

_____. **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. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 05 mai. 2017.

_____. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2017**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2019. 194 p.

_____. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2016. 154 p.

CALDERONI, S. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. 2. Ed. São Paulo: Humanitas Editora / FFLCH / USP, 1998. 345 p.

CARVALHO JUNIOR, F. H. (Instr.); NOGUEIRA, R. C. (Instr.). **Resíduos sólidos urbanos: coleta e destino final**. Ceará: ABES, 2006. 112p. Disponível em:

<<http://www.cchla.ufrn.br/geoesp/arquivos/sergio/TEXTOS/APOSTILA.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

CEMPRE. **Ciclossoft**. Disponível em: <<http://cempre.org.br/ciclossoft/id/9>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

IBGE. **Censo demográfico**. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=432040&search=rio-grande-do-sul|serafina-correa|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

_____. **Censo demográfico**. 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/universo.php?tipo=31o/tabela13_1.shtm&paginaatual=1&uf=43&letra=S>. Acesso em: 1 jul. 2019.

INPC. In: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultinpc.shtm>. Acesso em: 20 jun. 2019.

LENZ, M. B. **Relatório das atividades desempenhadas na Companhia Riograndense De Valorização De Resíduos De Santa Maria - Rs**. 2017. 40 f. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; GANDOLLA, M. **Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Europeia**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21. n. 2, abril/junho 2016.

PREÇO CONTÊINERES. In: Google shopping. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?rlz=1C1RLNS_pt-BRBR686BR686&tbm=shop&q=container+residuo+1000+LITROS&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwjTo-7f5ofVAhXMjpAKHT2RDagQBQiiASgA&biw=1366&bih=662>. Acesso em: 02 jun. 2019.

PREÇO DO MATERIAL RECICLÁVEL. In: CEMPRE, MERCADO. Disponível em: <<http://cempre.org.br/ciclossoft/id/8>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

SANTOS, J. V. **A gestão dos resíduos sólidos urbanos: um desafio**. Tese (Doutorado Direito do Estado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SERAFINA CORRÊA. In: IBGE: Cidades. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=432040>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

SERAFINA CORRÊA. In: Prefeitura Municipal de Serafina Corrêa. Disponível em: <<http://www.serafinacorrea.rs.gov.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

SPILLMANN, C. V. **Implantação de Coleta Seletiva em Meios de Hospedagem em Municípios Turísticos Caso de Armação dos Búzios (RJ)**. 2010. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

TABELA CUSTOS. In: Serafina Corrêa, concorrências. 2015. Disponível em: <<http://serafinacorrea.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

TEIXEIRA, P. (Org.); VALLE, S. (Org.). **Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2010. 442 p.

VILHENA, A. (Coord.). **Guia da coleta seletiva de lixo**. São Paulo: CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2013.

_____. (Coord.). **Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado**. 3.ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.