

## OTIMIZAÇÃO DE ROTAS VISANDO A REDUÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO DA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS REALIZADA NO SUL DE MINAS GERAIS

Juliana Helena Daroz Gaudêncio<sup>\*a</sup>, Thiago Pouza Mussolini<sup>a</sup>, Gustavo Pereira Olímpio<sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, UNIFEI, Itajubá – MG

<sup>b</sup> Centro de Ensino Superior em Gestão, Tecnologia e Educação - FAI, Santa Rita do Sapucaí - MG

### RESUMO

Os resíduos sólidos, na sua maioria, são descartados em aterros sanitários ou de forma irregular podendo causar o surgimento de doenças e, assim, afetando a população e o meio ambiente. Como medidas para amenizar este impacto, torna-se necessário a implantação de um sistema de coleta seletiva de resíduos de forma eficaz. Por lei federal, é de responsabilidade dos municípios implantar mecanismos capazes de reduzir a degradação ambiental, entretanto, os altos custos para o tratamento adequado dos resíduos produzidos impactam de forma significativa nos cofres públicos. Por esta razão, aliar técnicas de otimização de rotas com o problema existente em diversas prefeituras pode representar um meio viável para a redução de custos aonde o tempo de deslocamento dos veículos utilizados na coleta seletiva será otimizado e, assim, tendo um maior aproveitamento na execução dos serviços realizado pelas prefeituras. Desse modo, o objetivo deste trabalho é o de utilizar a pesquisa operacional como uma ferramenta que visa a otimização das rotas utilizadas para a coleta de resíduos sólidos na cidade de Santa Rita do Sapucaí / MG. Assim sendo, a redução de custos obtida na rota dos resíduos sólidos proporcionará recursos que poderão ser investidos na implementação na coleta seletiva na cidade e, assim, auxiliando a prefeitura no tratamento dos resíduos gerados pela população.

### PALAVRAS-CHAVE:

coleta de resíduos,  
coleta seletiva,  
otimização de rotas,  
minimização de custos.

### INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são responsáveis por uma grande variedade de gases estufa, desde gases carbono (como o monóxido de carbono, o dióxido de carbono e o metano), passando elementos causadores das chuvas ácidas, como o enxofre, por exemplo, até os perigosos resíduos nucleares que ainda continuam sendo largados no ambiente sem tratamento em diversos países. Para esses acontecimentos temos a contribuição efetiva tanto dos resíduos domésticos e comerciais, como dos resíduos industriais. A falta de locais para o descarte em cidades pequenas não é o único problema, pois a origem do problema está na geração e no gerenciamento destes resíduos. A maior parte da indústria ainda não adequou os seus processos para a redução e o reaproveitamento de materiais (Alkmim, 2015). A reutilização ajuda na gestão dos resíduos sólidos, pois reaproveita um material que seria descartado e, assim, evitando uma nova produção e reduzindo a exploração de recursos naturais.

Como medidas para amenizar este impacto, torna-se necessário a implantação de um sistema de coleta seletiva de resíduos de forma eficaz. Entretanto, os altos custos para o tratamento adequado dos resíduos produzidos impactam de forma significativa nos

cofres públicos. Por esta razão, esse trabalho possui o objetivo de desenvolver um projeto para o gerenciamento de resíduos sólidos na qual são utilizadas técnicas da pesquisa operacional que visam a otimização das rotas já existentes no município de Santa Rita do Sapucaí localizada no sul de Minas Gerais. Visando a redução de custos nas rotas existentes da coleta de resíduos sólidos, surge uma alternativa para a administração municipal gerenciar a implantação da coleta seletiva inexistente na cidade até o momento.

Para desenvolver tal trabalho, pesquisas sobre o atual destino dos resíduos e maneiras de melhorá-lo, juntamente com as técnicas de pesquisa operacional que visam a otimização de rotas foram utilizados na proposta para solucionar e viabilizar o melhor gerenciamento dos resíduos gerados pela cidade objeto de estudo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Pesquisa operacional**

De acordo com Andrade (1998), os primeiros trabalhos de pesquisa operacional serviram de apoio para as operações militares inglesas durante a Segunda Guerra Mundial e após, usada pela Engenharia de Produção como método de resolução de problemas por meio da elaboração de modelos que permitem simulações e servem de suporte para as decisões. Hoje ela está tanto na comunidade acadêmica quanto nas organizações (SILVA et. al, 1998).

A programação linear é a distribuição eficiente de recursos limitados entre atividades competitivas com a finalidade de atender um determinado objetivo, por exemplo, a maximização de lucros ou a minimização dos custos, entretanto, deseja-se achar aquela distribuição que satisfaça as restrições do problema e alcance o objetivo desejado. A essa solução dá-se o nome de solução ótima (PUCCINI,1980).

Como as variáveis de decisão do modelo proposto, neste trabalho, serão a quantidade de vezes que cada rota será atendida, restringe-se o modelo para que as variáveis assumam apenas valores inteiros. Essa técnica é chamada de programação linear inteira (LACHTERMACHER, 2007).

De acordo com o algoritmo proposto por George Dantzig em 1947, o Simplex soluciona problemas de equações e inequações lineares através de uma sequência de passos otimizando a função objetivo (GOLDBARG e LUNA, 2000).

### **Otimização de rotas**

Segundo LACHTERMACHER (2007), o problema de transporte é de aplicação muito comum na pesquisa operacional e recebe esse nome porque seu método de resolução foi, no início, utilizado para determinar o menor custo de transporte por unidade de remessa.

O roteiro é feito a partir de uma origem e destino, sendo necessária uma série de análises para verificar a viabilidade do percurso devido ao volume de carga, locais de coleta e tempo disponível para executar o serviço. Alvarenga e Novaes (2000) atribuem a roteirização o processo de distribuição física de produtos em um roteiro de coleta e entrega em que o veículo visita certo número de clientes localizados em uma determinada zona.

### **Metodologia de pesquisa**

Os diversos tipos de pesquisas podem ser classificadas quanto a sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos (Silveira e Córdova, 2009). Em relação à abordagem esse trabalho classifica-se como uma pesquisa quantitativa visto que há o uso de funções para a modelagem de dados quantitativos recorrendo à linguagem matemática para descrever as rotas utilizadas pela coleta de resíduos sólidos.

Sob o ponto de vista da natureza, essa pesquisa pode ser classificada como aplicada uma vez que objetiva gerar conhecimento para fins práticos. Assim, a pesquisa visa o aperfeiçoamento de questões práticas e atende aos interesses da administração pública na redução dos custos e a comunidade acadêmica na promoção de novos métodos e estudos.

Quanto à ótica dos objetivos, a pesquisa classifica-se como de classe axiomática normativa, pois utiliza o modelo matemático criado com o propósito de otimizá-lo por meio da pesquisa operacional. De acordo com Bertrand e Fransoo (2002), a pesquisa

normativa está interessada na melhoria dos resultados disponíveis na literatura, buscando a determinação de uma solução ótima diante de definições de novos problemas.

Por fim, sob a ótica dos procedimentos, essa pesquisa se enquadra no método de pesquisa denominado ‘modelagem e simulação’ uma vez que os dados analisados serão modelados e otimizados por meio de procedimentos matemáticos.

## Desenvolvimento da pesquisa

### Plano de gerenciamento de resíduos sólidos

Os resíduos sólidos urbanos coletados na cidade de Santa Rita do Sapucaí/MG passam por operação de transbordo em área licenciada situada próximo às margens da Rodovia BR 459 aonde está localizada a Fazenda da Prefeitura. Após, o encaminhamento dos resíduos é realizado através da utilização de caminhão caçamba de maior volume até ao Aterro Sanitário do Consórcio CIMASAS localizado na cidade de Itajubá-MG. Devido a este encaminhamento para a CIMASAS, a prefeitura tem um custo muito alto no deslocamento destes resíduos, cerca de 60 a 70 mil reais por mês, além de ter um custo de oportunidade aonde o município deixa de obter lucro com a venda de materiais potencialmente recicláveis.

De acordo com os dados coletados, a coleta convencional na zona urbana possui roteiros definidos. Na Tabela 1 estão descritos os itinerários seguidos em cada roteiro. Normalmente, com a utilização de caminhões coletores, são executadas viagens nas rotas durante a semana.

Em média são coletadas 25 toneladas por dia e, assim, totalizando 750 toneladas por mês de resíduos sólidos gerados na cidade de Santa Rita do Sapucaí/MG que possui em torno de 42.000 habitantes.

Tabela 1 – Itinerário da coleta de resíduos sólidos realizado em Santa Rita do Sapucaí (PMGIRS – Santa Rita do Sapucaí, 2015)

Número da Rota	Roteiro da Rota (Bairros)	Frequência	Horário		
			Início	Fim	Descarga
<b>Rota 1</b>	Secretaria de Obras, Recanto das Margaridas, São Roque, São Benedito, Santa Felicidade, São João, Pedro Sancho Vilela, Conjunto Habitacional José, Gonçalves Mendes, São José.	Segunda a Sábado	07:00	11:00	12:00
<b>Rota 2</b>	Rua Nova, Vila das Fontes, Loteamento do Valle, Joaquim Gomes, Anchieta, Vila Operária, Arco Iris, Novo Horizonte, Boa Vista II, Jardim das Palmeiras, São Pedro, Fernandes, Jardim Beira Rio.	Segunda a Sábado	07:00	11:00	12:00
<b>Rota 3</b>	Bruno Matagrano, Ozório Machado, São José, Maristela.	Segunda a Sábado	17:30	22:00	07:00
<b>Rota 4</b>	Fátima, Morada do Sol, Jardim dos Estados, Viana, Santana, Monte Belo, Monte Líbano, Jairo Grillo, Monte Verde, Jardim Santo Antônio, Santa Rita, Pôr-do-Sol, Família Andrade, Pedreira.	Segunda a Sábado	07:00	11:00	12:00
<b>Rota 5</b>	Inatel, Delcides Teles, Eletrônica, Centro.	Segunda a Sábado	17:30	22:00	07:00

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Coleta de dados

Em uma pesquisa realizada em Santa Rita do Sapucaí sobre a composição dos resíduos sólidos urbanos do município, retrataram-

se os seguintes dados observados nas Figuras 1 e 2.

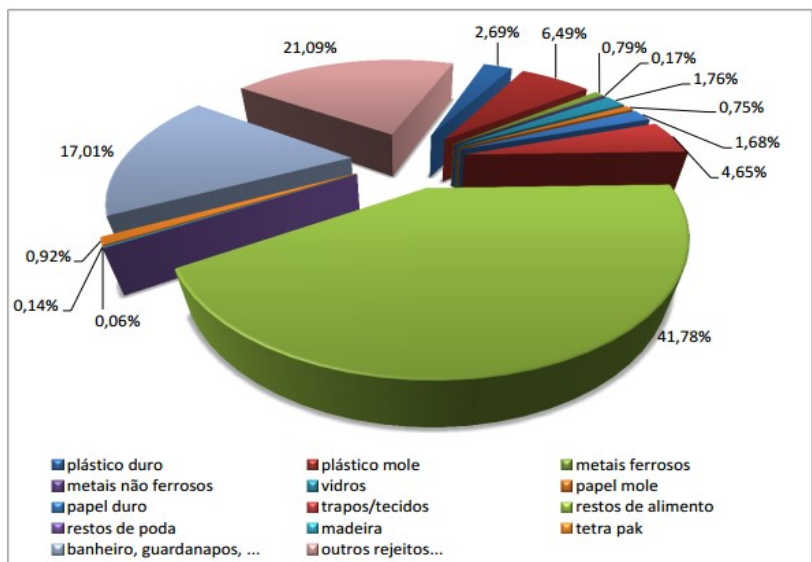


Figura 1 - Composição dos resíduos sólidos domésticos gerados em Santa Rita do Sapucaí

Conforme informado na Figura 1, a matéria orgânica representa 41,78% dos resíduos domésticos gerados no município, outros rejeitos somam 38,10% e os resíduos recicláveis representam 20,12% do total de resíduos domésticos. Já a Figura 2 informa que a quantidade de matéria orgânica é da ordem de 49,61% do total de resíduos. Os rejeitos são 18,61% e o material potencialmente reciclável representa 31,79% do total da amostra de resíduos comerciais. Para achar a base de cálculo foi feita a média aritmética dos valores encontrados sobre os resíduos que podem ser recicláveis informado nos dois gráficos e, desse modo, obteve-se o valor médio de 25,95%.

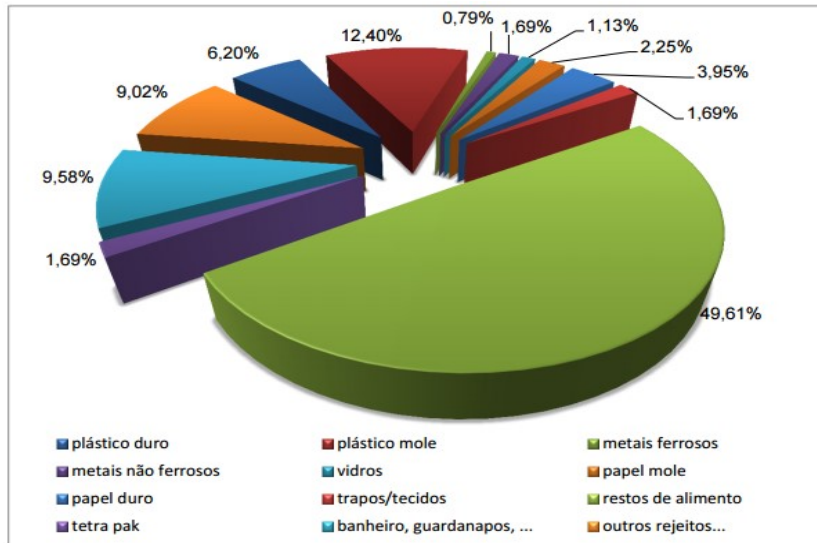


Figura 2 - Composição resíduos sólidos comerciais gerados em Santa Rita do Sapucaí

O montante mensal dos resíduos coletados na cidade é apresentado na Tabela 2. A partir desses dados foram calculados a quantidade potencial de material reciclável no município (25,95%) multiplicando os valores do volume total de lixo recolhido mês a mês por 0,2595.

Observa-se que no ano de 2015 a cidade produziu 1.927.545,24 kg de material potencialmente reciclável. A maior parte desse montante é destinada a uma empresa especializada em descartes de resíduos em Itajubá, chamada CIMASAS.

Para calcular o material reciclável de Santa Rita do Sapucaí, pesquisou-se a composição do material reciclável no Brasil que é composto basicamente por 5 itens sendo eles o aço, alumínio, papel, plástico e vidro (ABRELPE, 2009). Para obtenção dos

valores da receita perdida no município com a possível venda desses materiais, os preços de venda por tonelada e a proporção média encontrados em 15 capitais brasileiras foram pesquisados (VILHENA, 2018). Podemos observar na Tabela 3 o preço por tonelada e a proporção de cada material reciclável.

Tabela 2 - Quantidade total coletada de resíduos e o potencial de reciclagem (adaptado de PMGIRS – Santa Rita do Sapucaí, 2015).

	<b>Montante (kg)</b>	<b>Reciclável</b>
<b>Janeiro</b>	881.220,00	228.676,59
<b>Fevereiro</b>	709.830,00	184.200,89
<b>Março</b>	578.000,00	149.991,00
<b>Abril</b>	626.130,00	162.480,74
<b>Mai</b>	593.580,00	154.034,01
<b>Junho</b>	597.700,00	155.103,15
<b>Julho</b>	550.120,00	142.756,14
<b>Agosto</b>	573.000,00	148.693,50
<b>Setembro</b>	578.810,00	150.201,20
<b>Outubro</b>	558.990,00	145.057,91
<b>Novembro</b>	564.120,00	146.389,14
<b>Dezembro</b>	616.420,00	159.960,99
<b>Total</b>	<b>7.427.920</b>	<b>1.927.545,24</b>

Tabela 3 – Preço de venda/tonelada e proporção dos materiais recicláveis (adaptado de Vilhena, 2014).

<b>Materiais</b>	<b>Aço</b>	<b>Alumínio</b>	<b>Papel</b>	<b>Plástico</b>	<b>Vidro</b>
<b>Preço de Venda Tonelada</b>	R\$ 277,00	R\$ 2.471,00	R\$ 311,00	R\$ 788,00	R\$ 95,00
<b>Proporção (%)</b>	53,3	4,4	25,3	12,2	4,8

Na Tabela 4 observa-se a receita perdida com a possível venda de cada material. Verifica-se que a receita perdida no ano de 2015 foi de R\$837.564,67 se esse material fosse vendido para reciclagem.

Tabela 4 – Receita gerada com a venda dos materiais recicláveis.

<b>Material</b>	<b>Receita (R\$)</b>
<b>Aço</b>	284.584,71
<b>Alumínio</b>	209.570,43
<b>Papel</b>	151.665,04
<b>Plástico</b>	182.954,88
<b>Vidro</b>	8.789,61
<b>Total</b>	837.564,67

Calculou-se a receita perdida proporcionalmente em cada rota utilizando a informação do número médio de moradores de cada bairro. Informações estas cedidas pela prefeitura de Santa Rita do Sapucaí. Esses dados estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 - Receita perdida por rota.

Rotas	Número de Habitantes	Margem	Receita Desperdiçada
1	6156	15,11%	R\$ 126.556,02
2	10227	25,10%	R\$ 210.228,74
3	4269	10,48%	R\$ 87.776,78
4	10902	26,76%	R\$ 224.132,31
5	9186	22,55%	R\$ 188.870,84

As despesas com pessoal, manutenção e outras atividades se dividem igualmente entre todas as rotas. Portanto, a única despesa proporcional seria o valor gasto com combustível pelos caminhões para cumprir o percurso da rota. O custo do diesel para a prefeitura no ano de 2017 foi de **R\$3,17** e de posse dos dados geográficos das distâncias percorridas nas rotas encontrou-se o gasto proporcional com combustível.

Para chegar à receita desperdiçada na coleta diária de cada uma das rotas, dividiu-se o montante anual de receitas desperdiçadas por 360 (dias no ano, aproximadamente) e multiplicou-se pelo valor percentual de cada rota obtido na Tabela 5. A margem obtida em cada rota é encontrada subtraindo os gastos com o combustível conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Margem por rota.

Rotas	Distância (Km)	Combustível (R\$)	Receita (R\$)	Margem (R\$)
Rota 1	5,4	4,28	351,54	347,27
Rota 2	15,3	12,13	583,97	571,84
Rota 3	12,7	10,06	243,82	233,76
Rota 4	9,35	7,41	622,59	615,18
Rota 5	6,3	4,99	524,64	519,65

É importante observar as restrições quanto a capacidade dos caminhões durante a semana. Segundo Cempre (2018), a velocidade média de um caminhão durante a operação de coleta é de 7 a 12 Km/Hr, adotaremos 7 Km/Hr. A capacidade de volume dos caminhões compactadores que operam 6 dias por semana em Santa Rita do Sapucaí é de 12 m<sup>3</sup> cada, e dos caminhões tipo caçamba 5 m<sup>3</sup> cada.

#### Variáveis de decisão do modelo.

Foram definidas 5 variáveis de decisão, sendo elas a quantidade de vezes que cada rota será percorrida por semana:

$X_i$  = Quantas vezes a rota  $i$  será percorrida por semana;

$i$  = Rota (1,2,3,4,5)

#### Função objetivo

O objetivo do problema é maximizar o lucro obtido com a melhor rota de coleta seletiva possível. A equação (1) mostra a função objetivo do problema:

$$\text{Max } Z = 347,27X_1 + 571,84X_2 + 233,76X_3 + 615,18X_4 + 519,65X_5 \quad (1)$$

#### Restrições do modelo

Na tabela 7 abaixo observa-se a distância percorrida e o volume coletado em cada rota, esses dados serão usados nas restrições do modelo.

Tabela 7: Distância percorrida e volume coletado em cada rota.

<b>Rotas</b>	<b>Distância (Km)</b>	<b>Volume (Kg)</b>
<b>Rota 1</b>	5,4	351,54
<b>Rota 2</b>	15,3	583,97
<b>Rota 3</b>	12,7	243,82
<b>Rota 4</b>	9,35	622,59
<b>Rota 5</b>	6,3	524,64

a) Distância máxima percorrida em cada rota por semana.

A velocidade média do caminhão é 7 km/hr (D'ALMEIDA E VILHENA,2000), em um dia de trabalho de 6 horas percorre-se no máximo 42 km e em uma semana de 6 dias trabalhados, 1 caminhão percorre no máximo 252 km. Dessa forma as distâncias percorridas em cada rota devem ser menores ou iguais a 252 km.

$$5,4X_1 + 15,3X_2 + 12,7X_3 + 9,35X_4 + 6,3X_5 \leq 252$$

b) Volume máximo coletado por rota.

Cada caminhão caçamba coleta até 5 m<sup>3</sup> por vez. Com 2 caminhões o valor é de 10 m<sup>3</sup>, ou seja, 10000 Kg. Cada caminhão compactador coleta por vez até 12 m<sup>3</sup>, 2 caminhões 24000 Kg. Dessa forma, os volumes coletados devem ser menores ou iguais a 34000 Kg.

$$809,03X_1 + 1343,93X_2 + 561,13X_3 + 1432,81X_4 + 1207,39X_5 \leq 34000$$

c) A capacidade máxima de atendimento a cada rota será de 12 vezes por semana e a capacidade mínima 6 vezes por semana. Ou seja, os valores das variáveis devem ser menores ou iguais a 12 e maiores ou iguais a 6.

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \leq 12$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 6$$

O número de vezes que os caminhões devem percorrer as rotas por semana deve ser um número inteiro, restringe-se a programação do software para Programação Linear Inteira.

### Representação matemática do problema

Apresenta-se o modelo matemático da seguinte forma:

$$Max Z = 347,27X_1 + 571,84X_2 + 233,76X_3 + 615,18X_4 + 519,65X_5$$

Sujeito à:

$$5,4X_1 + 15,3X_2 + 12,7X_3 + 9,35X_4 + 6,3X_5 \leq 252$$

$$809,03X_1 + 1343,93X_2 + 561,13X_3 + 1432,81X_4 + 1207,39X_5 \leq 34000$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \leq 12$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 6$$

### Análise dos resultados

O software usado para realizar os cálculos de programação linear inteira foi o suplemento Solver disponível no Microsoft Excel. Abaixo, na Tabela 8, são apresentados os dados na condição de 2 caminhões caçamba e mais 2 caminhões compactadores operando 6 horas por dia, 6 dias por semana:

Tabela 8 - Programação semanal .

<b>Rotas</b>	<b>Margem</b>	<b>Distância (Km)</b>	<b>Volume (Kg)</b>	<b>Vezes Por Semana</b>
<b>Rota 1</b>	347,27	5,4	809,03	8
<b>Rota 2</b>	571,84	15,3	1.343,93	6
<b>Rota 3</b>	233,76	12,7	561,13	6
<b>Rota 4</b>	615,18	9,35	1.432,8	6
<b>Rota 5</b>	519,65	6,3	1.207,39	6

Utilizando como base a margem de cada rota e como limites de restrição a distância percorrida e volume coletado observa-se na tabela acima a programação semanal ótima para coleta de resíduos sólidos em Santa Rita do Sapucaí em termos de lucro com a implantação de um sistema de coleta seletiva e reciclagem no próprio município. Na tabela 9 apresenta-se a receita desperdiçada em Santa Rita do Sapucaí por semana, por mês e por ano.

Tabela 9 - Solução da função objetivo.

<b>Receita</b>	<b>Reais (R\$)</b>
<b>Semana</b>	14.420,74
<b>Mês</b>	57.682,76
<b>Ano</b>	692.195,52

Na tabela 10 apresenta-se a capacidade utilizada de distância percorrida e volume coletado por dia. É importante observar que a capacidade máxima de volume dos 4 caminhões está quase preenchida totalmente e a capacidade de atendimento máximo de 12 vezes por semana ainda não foi alcançada.

Tabela 10 - Utilização do primeiro cenário.

<b>Restrições</b>				
<b>Quilometragem</b>	305,1	<=	1.008	Km
<b>Volume</b>	33.3743,8	<=	34.000	Kg
<b>Atendimento Mínimo</b>	6	>=	6	X Por Semana
<b>Atendimento Máximo</b>	8	<=	12	X Por Semana

Pode-se, através do modelo, simular o faturamento e as capacidades de utilização adicionando mais um caminhão compactador na operação totalizando uma capacidade máxima de volume de 46000 Kg. Nas duas próximas tabelas 11 e 12 apresenta-se a receita e a utilização da capacidade máxima na condição de três caminhões do tipo compactadores e dois caminhões do tipo caçamba operando diariamente.

Tabela 11- Solução da função objetivo no segundo cenário.

<b>Receita</b>	<b>Reais (R\$)</b>
<b>Semana</b>	19.604,64
<b>Mês</b>	78.418,56
<b>Ano</b>	941.022,72



Tabela 12 – Utilização do segundo cenário.

<b>Restrições</b>				
<b>Quilometragem</b>	413,35	<=	1.260	Km
<b>Volume</b>	45.871,30	<=	46.000	Kg
<b>Atendimento Mínimo</b>	6	>=	6	X Por Semana
<b>Atendimento Máximo</b>	12	<=	12	X Por Semana

Podemos observar que na segunda simulação a capacidade atual de volume está quase totalmente atingida e os atendimentos a cada rota, máximo e mínimo por semana foram alcançados. O faturamento teve um aumento de mais de 35%, igual a R\$248827,50.

Através da otimização das rotas pode-se elaborar vários cenários com restrições de diferentes limites de acordo com as condições atuais de operação da prefeitura e, principalmente, elaborar o planejamento da coleta seletiva já ciente de um faturamento operacional confiável.

## CONCLUSÕES

A elaboração deste trabalho ressaltou a importância da utilização de técnicas de otimização que visam a redução de custos que a administração pública de Santa Rita do Sapucaí possui com a coleta de resíduos sólidos. A modelagem realizada demonstra uma solução viável para o problema apresentado.

Analisando o cenário de 5 caminhões, 3 compactadores e 2 caçambas, tem-se o faturamento de R\$941.022,72 anual e R\$78.418,56 mensal. Como a prefeitura não pode administrar essa receita propõe-se a criação de um centro de triagem, separação e venda de materiais potencialmente recicláveis em Santa Rita do Sapucaí. A prefeitura da cidade já possui um terreno destinado para essas operações. Ainda, com esta proposta, o envio de resíduos sólidos destinado a CIMASAS localizada na cidade de Itajubá irá diminuir e, assim, a administração pública teria uma redução nos gastos com o gerenciamento desses resíduos sólidos. Atualmente, a prefeitura gasta, em média, R\$65.000,00 reais por mês com o gerenciamento dos resíduos destinados para a cidade vizinha (Itajubá), entretanto, adotando a política da coleta seletiva, o montante de resíduos sólidos destinados à Itajubá irá diminuir e, assim, o novo gasto será de R\$48.132,45.

Desse modo, a implantação de um centro de triagem proporcionará uma redução de R\$202.410,50 por ano e, conseqüentemente, de R\$16.867,55 por mês na cidade de Santa Rita do Sapucaí, e, além disso, a cidade contribuirá com o meio ambiente e com o desenvolvimento social destinando esses materiais de forma correta conscientizando a população com bons exemplos de separação e reutilização de materiais.

Por fim, outra possibilidade de incentivo é a adesão da Lei nº 19.823, de 22 de novembro de 2011 que dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro aos catadores de materiais recicláveis e também a Lei sobre Cooperativismo nº 5764 de 16/12/1971 que auxilia na implantação e gerenciamento da cooperativa.

## REFERÊNCIAS

- Abrelpe – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2009.
- Alkmim, E. B. Conscientização ambiental e a percepção da comunidade sobre a coleta seletiva na cidade universitária da UFRJ. 2015. 150 p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Urbana)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015.
- Layragues, P. O cinismo da reciclagem: o significado da reciclagem e suas implicações para a educação ambiental. In: Vários Autores. Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania. São Paulo: Cortez, 2002.
- Andrade, Eduardo L. Introdução à pesquisa operacional. 2 ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998.
- Bertrand, J. W. M.; Fransoo, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. International

- Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.
- Bronson, R.; Naadimuthu, G. Operations Research. 2 Ed. New York: McGraw-Hill, 1997.
- Caixeta-Filho, José Vicente. Pesquisa Operacional. São Paulo: Atlas, 2001.
- Colin, E. C., (2007). Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégica, finanças, logísticas, produção, marketing e vendas. Livro; Editora LTC; Rio de Janeiro; p. 498.
- Cormen, Thomas H. Introduction to algorithm. 23. ed. MIT: McGraw-Hill, 1999.
- D'Almeida, M. L. O.; Vilhena, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.
- Goldbarg, M. C.; Luna, H. P. L. Otimização Combinatória e Programação Linear. 2 Ed. Editora Campus, 2000.
- Lachtermacher, G.. Pesquisa operacional na tomada de decisões, 3.ed. Rio de Janeiro : Editora Campus Elsevier, 2007.
- Loesh, C. E Hein, N., (2009). Pesquisa operacional: fundamentos e modelos. São Paulo: Saraiva.
- Moreira, D. A. Pesquisa Operacional: Curso Introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2010.
- Novaes, A. G. e Alvarenga, A. C. Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição Física. São Paulo, Edgard Blucher, 2000.
- Novaes, Antonio Galvão. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. 3º Ed. Rio de Janeiro. Elsevier. 2007.
- Prefeitura De Santa Rita Do Sapucaí, PMGIRS - Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos se Santa Rita do Sapucaí-MG,2015.
- Puccini, A.,L.. Introdução à programação linear. Rio de Janeiro: livros técnicos e científicos Editora S.A, 1980.
- Silva, E. M.; Silva, E. M.; Gonçalves, V.; Murolo, A. C. Pesquisa Operacional: programação linear. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- Silveira, D. T.; Córdova, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Editora de UFRGS, 2009. p. 31-42.
- Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R. Administração da Produção. Atlas, São Paulo, 2002.
- Vilhena, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018.
- Winston, W.L. (1994). Operations Research, Applications and Algorithm, 3 rd Ed.. Belmont (CA): Duxbury Press.