

## Otimização da roteirização na coleta de resíduos perigosos

Marcos V. L. Martins (IC), Renato S. Lima (PQ)

Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Clusterização. Logística Reversa. Roteirização.

### Introdução

A empresa AGIT Soluções Ambientais, localizada no sul de Minas Gerais, faz a logística reversa de resíduos hospitalares, de ambulatórios, de clínicas veterinárias, entre outros. Esse tipo de material não pode ser descartado em um aterro sanitário comum. Desse modo, a operação da empresa consiste em coletar os resíduos de seus clientes e fornecer o descarte adequado.

Para aumentar a eficiência da operação de coleta, Bacelar (2022) realizou um trabalho de logística. Esse trabalho teve início com a implementação de um ticket de coleta, pois a empresa não tinha uma base de dados sólida sobre os clientes. Em seguida, foi feito um tratamento de dados e posteriormente a clusterização dos clientes. Após esse procedimento, o trabalho seguiu com o dimensionamento de uma frota ideal para atender os clusters e concomitantemente a roteirização.

No dimensionamento da frota, Bacelar (2022) propôs a compra de novos veículos. Entretanto, o custo apresentado era inviável para a empresa. Para contornar o custo elevado desse investimento, este trabalho tem por objetivo realizar uma nova solução que roteiriza a operação usando a frota da empresa com a clusterização desenvolvida previamente.

### Metodologia

O primeiro passo foi entender a clusterização realizada por Bacelar (2022). Verificou-se que objetivo foi fazer com que cada cluster represente um dia de operação, considerando um mês de 20 dias úteis.

A priori os clientes foram divididos em 3 grupos pela variável frequência de coleta. Aqueles que demandam uma frequência de coleta de quatro vezes no mês entraram para o grupo SEMANAL, os que necessitavam de duas coletas no mês QUINZENAL, e os que precisavam de somente uma coleta no mês MENSAL. Em seguida, esses clientes foram divididos em subgrupos através das variáveis localização e peso, podendo estar entre 5 grupos semanais ou entre 10 grupos quinzenais ou entre 20 grupos mensais.

Um cluster é o conjunto de um subgrupo semanal, mais um subgrupo quinzenal, mais um subgrupo mensal, como mostrado na Tabela 1. O cluster 17, por exemplo, é composto pelo subgrupo semanal\_(2) + quinzenal\_(7) + mensal\_(17).

CLUSTER	GRUPO	GRUPO	GRUPO
Cluster 01	s1	q1	m1
Cluster 02	s2	q2	m2
Cluster 03	s3	q3	m3
Cluster 04	s4	q4	m4
Cluster 05	s5	q5	m5
Cluster 06	s1	q6	m6
Cluster 07	s2	q7	m7
Cluster 08	s3	q8	m8
Cluster 09	s4	q9	m9
Cluster 10	s5	q10	m10
Cluster 11	s1	q1	m11
Cluster 12	s2	q2	m12
Cluster 13	s3	q3	m13
Cluster 14	s4	q4	m14
Cluster 15	s5	q5	m15
Cluster 16	s1	q6	m16
Cluster 17	s2	q7	m17
Cluster 18	s3	q8	m18
Cluster 19	s4	q9	m19
Cluster 20	s5	q10	m20

Tabela 1 – Clusterização

O software disponibilizado pela empresa INPO é o SPOT.R sua função é determinar a roteirização mais eficiente, ou seja, aquela que possui menor custo. O software calcula rotas lineares entre pontos, adicionando um fator de correção de 1,5 (se uma distância for de 50km ele indica que a distância real é de 75km). Para dar início ao processo é necessário exportar informações de:

- Clientes (nome, latitude, longitude, peso, instalação);
- Instalação (nome, latitude, longitude);
- Veículos (tipo, custo fixo, custo variável, capacidade, tempo disponível, velocidade);
- Limitação (quantidade de veículos).

Após inserir os dados, o SPOT.R processa e revela sua solução. Como resposta, é fornecido um mapa das rotas, juntamente com o custo total e quilometragem total, exemplificado pela Figura 1. Além disso, ele fornece uma tabela chamada “Consolidado” que contém informações específicas de cada rota e outra tabela chamada

“Itinerários” que explicita o trajeto percorrido de cliente a cliente.

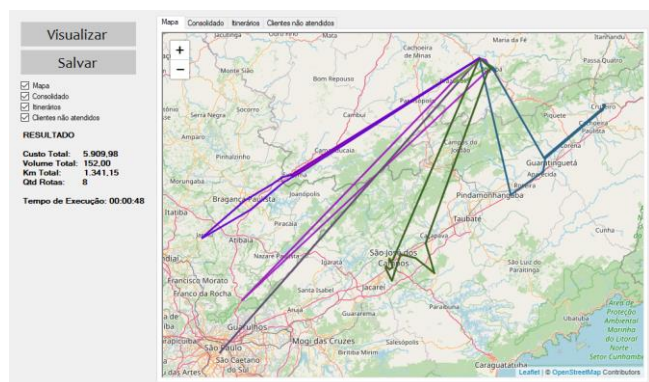


Figura 1 – Rotas do Cluster 17

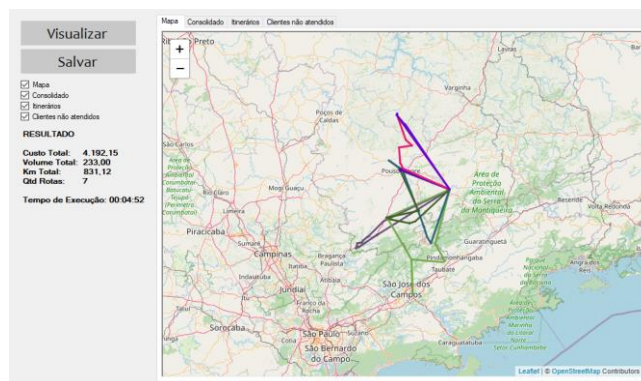


Figura 2 – Rotas do Cluster 13

## Conclusões

A empresa possui uma frota de 2 caminhonetes com capacidade de 200kg, 2 caminhões com capacidade de 1000kg, 1 caminhão com capacidade de 3000kg, 1 caminhão com capacidade de 3500kg, 2 caminhões com capacidade de 4000kg e 1 caminhão com capacidade de 6000kg.

Uma vez entendido as ferramentas de clusterização e roteirização iniciou-se o trabalho. O objetivo é processar cada cluster individualmente e analisar os resultados.

## Resultados e discussão

Foi realizado uma tentativa de roteirizar com a frota atual, porém o software encontrou solução somente para alguns clusters. Isso ocorreu porque os caminhões de grande porte rodam em velocidade menor conseqüentemente, não conseguem atender todos os clientes do cluster em um dia. Esse problema se repetiu em vários clusters. Desse modo, foi adicionado no software mais uma caminhonete de 200kg, totalizando 3 caminhonetes. Um veículo que atende essa demanda pode ser uma Fiat Fiorino 2021 cujo preço está na faixa de R\$ 82000, de acordo com a tabela da Fundação Instituto de Pesquisa Econômicas (Fipe).

Após esse ajuste, o SPOT.R forneceu solução para todos os clusters com um custo médio de R\$ 6110 por dia. Sendo que, o custo atual da empresa para atender todos os clientes é de R\$ 6830 por dia, onde todos os caminhões estão em constante uso.

Vale explicitar que em determinados clusters da nova roteirização, nem todos os veículos são utilizados. Portanto, abre margem para realizar outras atividades nesse dia como manutenção, reparo.

Por exemplo, a Figura 2 mostra o mapa do cluster 13, nessa roteirização foi necessárias 7 rotas para atender o cluster, ou seja, foi utilizado 7 dos 10 veículos disponíveis.

Com o esforço e auxílio das ferramentas tecnológicas é possível otimizar processos complexos. A clusterização auxiliou no agrupamento de clientes pois, ela considera além do parâmetro de localização os parâmetros de peso e frequência. Juntamente com a roteirização a qual, permitiu estabelecer um itinerário e atender todos os clientes da empresa.

Aplicando a clusterização, roteirização e com o investimento em uma nova caminhonete é possível obter uma redução de 11% no custo de operação. Essa redução representa 168.000 R\$/ano. O tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 6 meses.

## Agradecimentos

Deixo meu agradecimento à Universidade Federal de Itajubá, especialmente ao professor Renato o qual proporcionou essa oportunidade de aprendizado. Agradecer também a Fapemig, a qual financiou esse estudo. Ademais, agradecer as empresas AGIT e INPO pela ajuda durante o processo.

## Referências

B. R. Oliveira. **LOGÍSTICA REVERSA E GESTÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS**. IEPPG. Itajubá, MG. 2022

R. S. Lima. **LOGÍSTICA REVERSA**. PLURIS. São Paulo, SP. 2010