

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

Application of routing to reduce costs and improve quality in charter transport:
case study in a technology company

Marco Olaniyan Fontes de Jesus Felix¹
Adriano Maniçoba da Silva¹

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo identificar, estudar e compreender a utilização da ferramenta VRP *Spreadsheet Solver*, dentro roteirização, no que tange a redução dos custos de transporte, melhor estruturação das linhas de fretado, maior precisão e controle qualidade nas rotas de transporte no ramo de fretados, visando aplicação das mesmas na empresa de tecnologia XYZ Rotas, para tal fim, esse artigo foi fundamentado mediante à pesquisa bibliográfica, estudo de caso e análise de dados do cliente da citada empresa. Os principais resultados implicam em análises da solução ótima sugerida pela referida, à determinação da quantidade de veículos a serem utilizados no fretamento do cliente, rotas ótimas, conseqüentemente, diminuição das distancias percorridas, bem como, a redução do tempo de viagem dos fretados, respeitando as restrições dos clientes. Para tais objetivos, será utilizada a ferramenta, desenvolvida no MS Excel, pelo professor Güneş Erdoğan, chamada de: VRP *Spreadsheet Solver* que envolvem técnicas como: Solver e Pesquisa Operacional, tendo em vista, o resultado esperado de alcançar maior eficiência e otimização na redução dos custos de transporte, no corte de linhas ociosas, estabelecimento de rotas ótimas, tudo isso, acarreta em melhorias de qualidade no serviço oferecido, utilizando-se, da sistemática mencionada para atingir tal propósito.

Palavras-chave: Roteirização, Custos, Solver

A b s t r a c t

This work aims to identify, study and understand the use of the VRP Spreadsheet Solver tool, within routing, in terms of reducing transport costs, better structuring of chartered lines, greater precision and quality control in transport routes in the branch of freight forwarders, aiming at their application in the technology company XYZ Rotas, for this purpose, this article was based on bibliographical research, case study and analysis of customer data from the company above. The main results involve analysis of the optimal solution suggested by the determination of the number of vehicles to be used in the client's charter, optimal routes, consequently, reduction of the distances traveled, and the reduction of the chartered travel time, respecting customer restrictions. For these purposes, the tool, developed in MS Excel, by Professor Güneş Erdoğan, called: VRP Spreadsheet Solver will be used, involving techniques such as Solver and Operational Research, given the expected result of achieving greater efficiency and optimization in the reduction of transportation costs, cutting idle lines, establishing optimal routes, all of this leads to improvements in the quality of the service offered, using the mentioned system to achieve this purpose.

Keywords: Routing, Costs, Solver

¹ Instituto Federal de São Paulo – Campus Suzano/BR

1. INTRODUÇÃO

Com a forte competição global devido ao aumento e dinamismo da capacidade de comunicação entre clientes e organizações, e isso inclui, a globalização, as empresas buscam aprimoramentos nas operações de logística de transportes no que se refere a roteirização, objetivando, a redução no custo de transporte, melhora nos índices do nível de serviço oferecido, performar bem nos indicadores de entregas e/ou coletas efetuadas, na logística de distribuição e dentre outros indicadores voltados a vantagens competitivas (Ballou, 2006).

A gestão de transporte e a roteirização, são partes relevantes que influenciam diretamente na qualidade do serviço oferecido, na maximização da taxa de ocupação da frota, na otimização do uso da frota, no cumprimento das restrições dos clientes e da legislação de transporte, na utilização do melhor e/ou do menor percurso, na otimização e redução de custos, complementando, está diretamente ligada ao sucesso das organizações (Erdoğan, 2017).

Embora seja de natureza operacional, o conceito VRP (*Vehicle Routing Problem*), está no âmbito acadêmico da Pesquisa Operacional. Isso ocorre devido à dificuldade de resolução do VRP, não só pela complexidade dos algoritmos de solução, mas também pelas considerações práticas sobre a implementação da solução (Erdoğan, 2017).

O presente trabalho, abordará o VRP *Spreadsheet Solver* que auxilia na resolução dos problemas logísticos enunciados acima, através da sua interface amigável, facilidade de uso da referida ferramenta, flexibilidade e acessibilidade com a combinação técnicas de otimização, Pesquisa Operacional e Solver. O Microsoft Excel é indiscutivelmente um dos softwares padrão mais utilizados em pequenas, médias e dependendo até em grandes empresas, propiciando análise quantitativa às organizações, o uso dessa ferramenta pode ser tanto na academia, quanto na indústria (Erdoğan, 2017).

Para avaliar o problema de roteirização estudado realizou-se uma coleta de dados, obtidos por intermédio dos trajetos das linhas dos fretados, tempo de linhas, endereços das demandas (pontos de paradas) dos clientes da empresa XYZ Rotas, que foram inseridos em uma tabela do MS Excel 2019, denominada planilha VRP *Spreadsheet Solver*, foram gerados gráficos e tabelas, utilizados para analisar o problema. Utilizando a citada ferramenta, com o objetivo de otimizar as rotas percorridas pelo transporte de fretados.

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

O Solver é um suplemento do MS Excel usado para testes de hipóteses. O referido suplemento pode ser utilizado para se encontrar como resultado um valor ideal para uma fórmula localizada em uma determinada célula, seja ele máximo ou mínimo, conforme restrições dos cenários inseridas (Microsoft, 2019).

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1. Roteirização de veículos

Roteirização é o processo de planejamento de distribuição e coleta, da carga em itinerários de entrega dos veículos, efetuando a análise e junção de informações de volume e peso do material, capacidades dos veículos e locais de entrega, para gerar o melhor resultado, no que tange, a ocupação dos veículos e cumprimento dos prazos de entrega. Nesse caso, a roteirização pode ser de rota fixa, onde o sistema distribui as cargas a serem transportadas por uma rota previamente feita ou rota dinâmica, que trabalha com a melhor rota de entrega em função da análise da carga a ser transportada, capacidades dos veículos, das ruas, estradas, rodovias e locais de entrega. (Rago, 2002).

Conforme Marques (2002), os softwares de roteirização, funcionam baseados em algoritmos de otimização e modelos bem congruentes, com objetivo de minimizar o custo total operacional e reduzir os tempos de viagens. A partir da demanda, ou seja, clientes para empresa, surge a gestão de suprimentos e conseqüentemente, a distribuição dos produtos, ou coletas para os clientes que a empresa tem. Dentro desse cenário é estabelecida a roteirização de veículos que deve ser feita sempre objetivando a redução de custos de transportes, a melhoria do nível de serviço prestado e aumentando o valor agregado para o cliente, por intermédio do prazo de entrega, coleta (Resende; Mendonça; Cerqueira, 2006). Quando a empresa faz a modelagem das rotas a serem percorridas, existe a possibilidade de redução de perdas ligadas a esse processo, conseqüentemente, aumento da qualidade do transporte, por intermédio da diminuição da distância percorrida o que acarreta entregas de forma agilizada para o cliente (Resende; Mendonça; Cerqueira, 2006).

2.2. Roteirização e o custo logístico no transporte rodoviário

Segundo Hoinask (2017) o Brasil possui 1.7 milhões de KM de estradas, desse apenas 13%, que equivale a 221,82 km de estradas, com condições de uso aceitáveis. Cerca de 70% do transporte de cargas nacionais ocorre pelas rodovias, por volta de 1,064 bilhão de toneladas por KM e nesse contexto, o processo pode ser encarecido em 50%, os principais custos envolvidos são:

- Custo de transferência, coleta e mão de obra;
- Pneus, recauchutagens e combustível;
- Custo de permanência e cubagem da carga, custo de devolução de itens, custo da dificuldade da entrega, multas relacionadas ao prazo, custo de reentregas e de restrições de trânsito.
- Licenciamento, fretes, seguros, custos de gerenciamento sistêmicos, licenciamentos;
- Reposição dos veículos. peças de manutenção e acessórios;

Para auxiliar nesse processo de minimização ou otimização de custos, uma das ferramentas utilizadas: é a roteirização; que determina e busca itinerários a serem percorridos de veículos que partem de uma origem e vão para um ou vários destinos (Lopes e Melo, 2003).

O uso de roteirizadores propiciam as organizações benefícios como: aumento da taxa de ocupação de veículos, redução do custo de transporte, melhora nos tempos de serviço e operação dos modais, melhoria na consolidação das cargas, maior acuracidade das informações de frete, redução no tempo de viagens, integração com os sistemas integrados das empresas, criação de rotas alternativas e melhoria de qualidade no nível de serviço logístico prestado.

Embora o roteirizador tenha um papel preponderante na redução de custo e no aumento da qualidade da eficiência e eficácia nas operações de transporte, para que o roteirizador tenha um bom desempenho são necessários: uma base de dados em atualização constante em conjunto de um bom sistema de informações geográficas (Lopes e Melo, 2003).

O modelo VRP (*Vehicle Routing Problem*) tem aplicação em vários tipos de situação problema, são as seguintes (Erdoğan, 2017):

- Otimização de movimentação de pessoas, ferramentas ou equipamentos;
- Problemas de roteirização de veículos;

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

- Programação de transporte entre manufaturas;

2.3. Pesquisa Operacional

A (PO) Pesquisa Operacional é um conceito utilizado para representar análise e modelagem matemática atrelada a tecnologia para a tomada de decisão. Tem relação com ideias e processos para a criação de modelos matemáticos que representam situações reais, visando otimização, levando em consideração as restrições dos problemas (Arenales et al., 2007).

A programação linear é uma programação de matemática, cuja, as equações do problema de otimização são funções lineares. A modelagem de programação matemática tem base numa quantidade exponencial e fatorial de soluções viáveis e considera como solução ótima aquela que otimiza as funções objetivo não violando as condições de restrição do problema. Nesse sentido, a programação matemática auxilia a PO na modelagem de problemas e análise de soluções (Goldberg et al. 2016).

2.4. Tipos de algoritmos utilizados na solução de roteirização de veículos

A roteirização tem base na premissa básica, identificada como VRP (*Vehicle Routing Problem*), continuando, é definida como o atendimento de pontos, separados geograficamente, de forma dispersa e dentre os supracitados pontos, incidem as distâncias e os custos de transporte (ERDOĞAN, 2017).

De acordo com Erdoğan (2017) a ferramenta *VRP Spreadsheet Solver* utiliza conceitos do problema de caixeiro viajante e uma variação do algoritmo *Adaptive Large Neighborhood Search*, por Pisinger and Ropke (2007) devido à sua flexibilidade para acomodar muitas variantes do VRP. O algoritmo diversifica a busca, a removendo rotas aleatórias da solução em questão, e intensifica através da reinserção dos clientes e busca local.

Para a resolução de problemas associados a roteirização de veículos um dos métodos ou algoritmos utilizados é o problema do caixeiro viajante (PCV), que consiste em definir rotas de com o menor custo possível e/ou maximização do lucro, objetivando atender todos os clientes de determinadas rotas, visitando todos esses mesmos clientes de forma única, posteriormente, retornando ao ponto de origem para que o nível de serviço oferecido em relação as entregas e/ou coletas sejam aceitáveis (Ballou, 2011).

Figura 1 – Fórmula Caixeiro Viajante

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o caixeiro viajante vai de } i \text{ para } j, \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$
$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$
$$\text{s.a} \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (1)$$
$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2)$$
$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad (i = 2, \dots, n, j = 2, \dots, n, i \neq j) \quad (3)$$
$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n, i \neq j) \quad (4)$$
$$u_i \geq 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Onde:

- a) i, j = cidades;
- b) C_{ij} = distância percorrida do vértice i até o vértice j ;
- c) u_i, u_j = variáveis auxiliares para eliminar sub rotas.

As restrições mostradas em (1), determina os fluxos de entrada, onde o caixeiro viajante vai da cidade i para a cidade j se $x_{ij} = 1$. As restrições apresentadas em (2), determina os fluxos de saída, onde o caixeiro retorna da cidade j para a cidade i se $x_{ij} = 1$. As restrições apresentadas em (3) elimina sub rotas. As restrições apresentadas em (4) e (5), são restrições de sinais, tempo e quilometragens.

3. DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA E MÉTODO

O referido estudo tem como temática geral identificar, estudar e compreender a utilização de ferramentas de roteirização no que tange a redução dos custos de transporte, redução dos tempos de viagens, maior precisão nas rotas e melhoria de qualidade do nível de serviço. O objetivo específico é aplicação da planilha de roteirização *VRP Spreadsheet Solver*, para a redução dos custos de transportes, maior precisão nas rotas, redução dos tempos de viagens, bem como, a melhoria de qualidade no nível de serviço de fretamento dos clientes da empresa XYZ Rotas. O

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

artigo tem como justificativa mostrar a importância da roteirização, por intermédio do *VRP Spreadsheet Solver*, planilha feita em MS Excel pelo professor Güneş Erdoğan, para obter redução de custos de transportes, redução dos tempos e quilometragens de viagens, maior controle e precisão nas rotas dos fretados e maior aprimoramento da qualidade do nível de serviço logístico.

Quanto a metodologia esta pesquisa é aplicada, quantitativa e exploratória, pois, de acordo com Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 26): A pesquisa aplicada é voltada a fornecer aprendizados para aplicação prática, objetivando a resolução de problemas específicos para verdades e interesses locais. Já a pesquisa quantitativa tem significância no que é quantificável, isto é, interpretar e traduzir em números o problema para classificar e analisar o mesmo. Requer uso de ferramentas e técnicas estatísticas que podem envolver: porcentagem, média, moda, análise de regressão e dentre outras técnicas.

Ainda conforme Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 26) a pesquisa exploratória objetiva a maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito, ou à construção de hipóteses. Assume, em resumo, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudo de Caso.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. A empresa

A XYZ Rotas é uma empresa de pequeno porte e situa-se em São Paulo – SP, na região do Itaim Bibi, zona Sul, do referido estado, ela oferece aos clientes soluções e consultorias inteligentes e tecnológicas no que tange a gestão de vale transportes, gestão dos fretamentos e a gestão dos deslocamentos dos colaboradores dos clientes para o fretado. Por questão de sigilo, os nomes dos clientes da empresa XYZ Rotas foram alterados para nomes fictícios.

4.2. O problema

Na XYZ Rotas, as roteirizações das rotas de fretado, são realizadas manualmente e quando recebemos os dados de fretamento e itinerários dos clientes, geralmente vêm com muitas linhas ociosas, trajetos que já não atendem à demanda atual, excesso de veículos, ou seja, é necessário fazer trabalho de otimização de veículos, tempo, quilometragens e linhas. Logo, como citado no referencial teórico, roteirizações feitas manualmente podem estar mais suscetíveis a erros, o que

Marco Olaniyan Fontes de Jesus Felix, Adriano Maniçoba da Sila

implica em aumento no custo de transporte logístico e conseqüentemente queda no nível de serviço ao cliente.

Analisando os dados do cliente da empresa XYZ Rotas, a fábrica de produtos de saúde para pets: a empresa ABCD; temos as seguintes considerações no que tange ao cenário atual, dos colaboradores no primeiro turno de trabalho que é composto por 16 colaboradores a ser coletados pelo fretado, conforme tabela 1:

Tabela 1 – Cenário atual primeiro turno

CENÁRIO ATUAL						
NOME DA LINHA	KM	TEMPO DE VIAGEM	MODAL	CAPACIDADE	PASSAGEIROS	CUSTO
LINHA 1	22	01:15	VAN	15	5	R\$ 382,46
LINHA 2	30	01:20	VAN	15	6	R\$ 382,46
LINHA 3	24	00:59	VAN	15	5	R\$ 382,46
TOTAL	76	03:34:00		45	16	R\$ 1.147,38
MÉDIA	25,33	01:11:20		15,00	5	R\$ 382,46

Fonte – desenvolvido pelo autor

As restrições do cliente ABCD são:

- Capacidade e modal de frota do operador logístico: Van 15 lugares;
- Tempo de viagem por viagem: 1 hora e 45 minutos;
- Se possível, aproximar a linha do fretado do colaborador, num raio menor ou igual a 1000 metros.

Os pontos de demanda (parada) com a quantidade de colaboradores a ser coletado pelo transporte de fretado está abaixo na tabela 2, ressaltando, que o primeiro endereço, destacado em amarelo, é o destino (fábrica) com a quantidade total dos coletados, complementando, os demais endereços de pontos de parada; já estão no raio menor ou igual a 1000 metros do endereço residencial dos colaboradores, atendendo a restrição de distância de caminhada até o ponto do fretado.

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

Tabela 2 – pontos de parada (demanda)

TABELA PONTOS DE PARADA (DEMANDA)	DEMANDA
Av. Pres. Tancredo de Almeida Neves, 100 - Vila Lidio Santana, Guarulhos - SP, 07112-070	16
Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	1
R. Curitiba, 124 - Parque Jandaia, Guarulhos - SP, 07261-070	1
Av. José Miguel Ackel, 683 - Parque Industrial Cumbica, Guarulhos - SP, 07241-090	1
R. Café, 88 - Jardim Silvestre, Guarulhos - SP, 07243-240	1
R. Cavoia, 193 - Vila Curuçá Velha, São Paulo - SP, 08030-180	1
Av. José Rangel Filho, 68 - Jardim Pte. Alta I, Guarulhos - SP, 07179-350	1
Av. Monte Alegre, 843 - Cidade Soberana, Guarulhos - SP, 07161-150	1
Av José Brumati - Jardim, 1271 - Jardim Santo Expedito, Guarulhos - SP, 07160-170	1
Av. Marcial Lourenço Serôdio, 401 - Cidade Serodio, Guarulhos - SP, 07151-370	1
Av. José Augusto da Silva Rico, 699 - Jardim Vila Rica, Guarulhos - SP, 07156-100	1
R. Osvaldo Ramos, 100 - Parque Mikail, Guarulhos - SP, 07142-600	1
Av. Martins Júnior, 2a - Jardim Bela Vista, Guarulhos - Sp, 07141-000, Brasil	1
Av. Otávio Braga de Mesquita, 3661 - Jardim Sao Geraldo, Guarulhos - SP, 07191-000	1
Av. Brigadeiro Faria Lima, 3119 - Jardim Cocaia, Guarulhos - SP, 07131-000	1
Av. Benjamin Harris Hunicutt, 442 - Portal dos Gramados, Guarulhos - Sp, Brasil	1
R. Claudino Barbosa, 481 - Macedo, Guarulhos - SP, 07113-040	1

Fonte – desenvolvido pelo autor

A resolução do problema está no item 4.3 denominado Planilha *VRP Spreadsheet Solver*, que apresentará o modo de como operar na ferramenta.

4.3. Estrutura e solução do problema na Planilha VRP Spreadsheet Solver

A planilha *VRP Spreadsheet Solver* na versão 3.81 tem sua estrutura dividida em abas, por intermédio de ícones. Quando acionado os ícones abrem as abas de: 1. Localização, 2. Distâncias, 3. Veículos, 4. Solução, 5. Visualização e 6. Solver. A aba inicial da planilha é a VRP Solver Console (Erdoğan, 2017).

4.3.1 Aba VRP Solver Console

Na aba VRP Solver Console, de forma resumida, inserimos os parâmetros referentes a: idioma, chave Bing para rastreamento e geolocalização no mapa, número de depósitos (destinos finais), número de clientes ou paradas a serem visitados, método do cálculo de distâncias, método de cálculo de duração da viagem, modo de viagem (andando, dirigindo ou caminhão), tipo de rota no Bing Maps (o mais rápido, mais curto ou em tráfego em tempo real), nível de detalhamento da rota no Bing Maps, velocidade média do veículo, tipo de veículo (modal) suporta até 5 tipos, quantidade de vezes que os veículos podem retornar ao depósito, tipo de janela de tempo para no caso de haver hora para limite de visitação, backhaus, fundo de visualização, rótulos de localização e finalizando com os parâmetros do solucionador (Erdoğan, 2017).

Marco Olaniyan Fontes de Jesus Felix, Adriano Maniçoba da Sila

O tempo de processamento do algoritmo e do Solver é recomendado automaticamente, e varia conforme o número de clientes a ser visitados. No caso são 15 locais de coleta e 1 destino, conforme a tabela 2. Os parâmetros de velocidade média e retorno do veículo foram inseridos de acordo com as diretrizes da empresa XYZ Rotas, em conjunto do cliente, a empresa ABCD. O modal a ser utilizado é Van com capacidade de 15 lugares. A figura 2 mostra como ficaram os dados parametrizados para a solução do problema:

Figura 2 – VRP Solver Console

Seqüência	Parâmetro	Valor	Observações
0. Interface	Língua	Português	Consulte o manual para modificar a interface.
	Opcional - Chave do Bing Maps	Am_ljybgR8Kyr9_x2ywkSt5F6noeVGmsE9Rx-apw1Qz1YIO3U1Webwq21Njh13X1	Você pode obter uma chave de teste gratuita em https://www.bingmapsportal.com/
1. Locais	Número de depósitos	1	[1, 20]
	Número de clientes	16	[5, 200]
2. Distâncias	Método de cálculo de distância	Distâncias de condução do Bing Maps (km)	Recomendação: use o formato de 'código postal, país' para endereços
	Método de cálculo de duração	Duração de condução do Bing Maps	
	Modo de viagem Bing Maps	Dirigindo	
	Tipo de rota do Bing Maps	O mais rápido	Recomendação: use 'mais rápido'
	Nível de detalhe da rota do Bing Maps	10	[0, 10]
	Velocidade média do veículo	45	
3. Veículos	Número de tipos de veículos	1	
4. Solução	Os veículos retornam ao (s) depósito (s)?	Não	
	Tipo de janela de tempo	Difícil	
	Backhauls?	Não	Se ativado, os locais de entrega devem ser visitados antes dos locais de coleta
5. Opcional - Visualização	Fundo de visualização	Bing Maps	
	Rótulos de localização	IDs de localização	
6. Solucionador	Começo quente?	sim	
	Mostrar progresso na barra de status?	Não	
	Limite de tempo da CPU (segundos)	120	Recomendação: pelo menos 60 segundos

Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.3.2 Aba Localização

Dentro da aba de localização são inseridos os endereços a serem roteirizados e as geolocalizações (latitude e longitude) dos mesmos. A chave Bing Maps é utilizada para a planilha inserir, de forma automática, os dados referentes a latitude e longitude, bem como a geolocalização. Pode-se configurar o tempo de serviço em cada endereço, que no problema em questão, será de 1 minuto. As demandas estão inseridas na coluna valor de retirada (quantidade a ser coletada), que



Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

no caso é de 1 colaborador por endereço, e na primeira linha, que fica localizado o depósito, é inserido o total da demanda na coluna quantidade de entrega. Os referidos dados citados, foram inseridos conforme mostra a figura 3.

Figura 3 – Aba Localização – VRP Spreadsheet Solver

ID de local	Nome	Endereço	Latitude (y)	Longitude (x)	Início da Janel	Fim da Janel	Deve ser visitado	Tempo de serviço	Valor de retirada	Quantidade de entrega	Lucro
0	ABCD	Av. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	-23,4675135	-46,5079386	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	0	16	0
1	Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000		-23,4394593	-46,4073376	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
2	R. Curitiba, 124 - Parque Jandaia, Guarulhos - SP, 07261-070		-23,4541513	-46,4035715	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
3	Av. José Miguel Ackel, 683 - Parque Industrial Cumbica, Guarulhos - SP, 07241-090		-23,4467447	-46,4265818	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
4	R. Café, 88 - Jardim Silvestre, Guarulhos - SP, 07243-240		-23,4405209	-46,4147692	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
5	R. Cavoia, 193 - Vila Curuçá Velha, São Paulo - SP, 08030-180		-23,4961156	-46,4232045	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
6	Av. José Rangel Filho, 68 - Jardim Pte. Alta J, Guarulhos - SP, 07179-350		-23,3978932	-46,4199238	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
7	Av. Monte Alegre, 843 - Cidade Soberana, Guarulhos - SP, 07161-150		-23,3996467	-46,4404273	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
8	Av. José Brumati - Jardim, 1271 - Jardim Santo Expedito, Guarulhos - SP, 07160-170		-23,4114410	-46,4462206	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
9	Av. Marcial Av. Marcial Lourenço Serôdio, 401 - Cidade Serodio, Guarulhos - SP, 07151-370		-23,4155140	-46,4590617	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
10	Av. José Augusto da Silva Rico, 699 - Jardim Vila Rica, Guarulhos - SP, 07156-100		-23,3934482	-46,4494518	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
11	R. Osvaldo R. Osvaldo Ramos, 100 - Parque Mikail, Guarulhos - SP, 07142-600		-23,4103828	-46,4967262	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
12	Av. Martins Júnior, 2a - Jardim Bela Vista, Guarulhos - Sp, 07141-000, Brasil		-23,4372555	-46,5082097	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
13	Av. Otávio Braga de Mesquita, 3661 - Jardim Sao Geraldo, Guarulhos - SP, 07191-000		-23,4388638	-46,5011025	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
14	Av. Brigadeiro Faria Lima, 3119 - Jardim Cocaia, Guarulhos - SP, 07131-000		-23,4269848	-46,5222402	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
15	Av. Benjamim Av. Benjamin Harris Hunicuati, 442 - Portal dos Gramados, Guarulhos - Sp, Brasil		-23,4426840	-46,5380904	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0
16	R. Claudino R. Claudino Barbosa, 481 - Macedo, Guarulhos - SP, 07113-040		-23,4642987	-46,5169400	00:00	23:59	Deve ser visitado	0:01	1	0	0

Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.3.3 Aba Distâncias

Nessa aba é gerada a matriz de distância e tempos de viagens, comparativa, entre todos os 16 endereços.

Figura 4 – Aba Distância – VRP Spreadsheet Solver

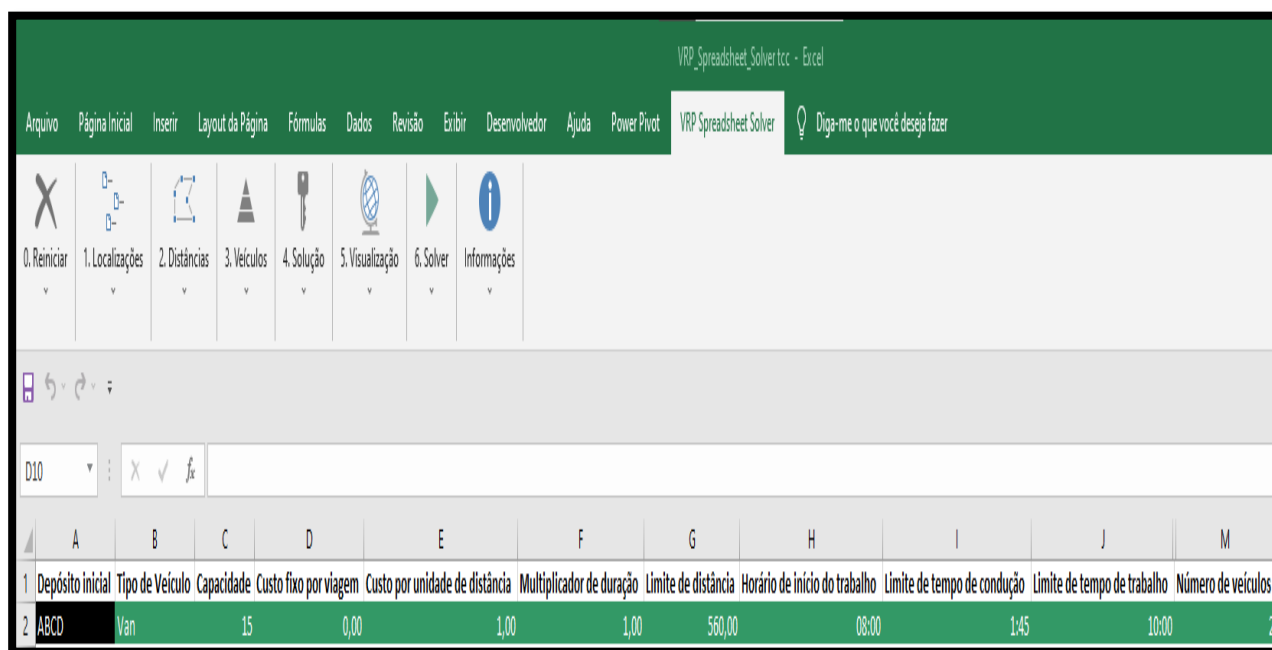
De	Para	Distância	Duração
ABCD	ABCD	0,00	0:00
ABCD	Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	15,17	0:18
ABCD	R. Curitiba, 124 - Parque Jandaia, Guarulhos - SP, 07261-070	17,13	0:23
ABCD	Av. José Miguel Ackel, 683 - Parque Industrial Cumbica, Guarulhos - SP, 07241-090	12,81	0:16
ABCD	R. Café, 88 - Jardim Silvestre, Guarulhos - SP, 07243-240	14,33	0:18
ABCD	R. Cavoia, 193 - Vila Curuçá Velha, São Paulo - SP, 08030-180	15,90	0:24
ABCD	Av. José Rangel Filho, 68 - Jardim Pte. Alta J, Guarulhos - SP, 07179-350	18,78	0:25
ABCD	Av. Monte Alegre, 843 - Cidade Soberana, Guarulhos - SP, 07161-150	14,87	0:27
ABCD	Av. José Brumati - Jardim, 1271 - Jardim Santo Expedito, Guarulhos - SP, 07160-170	12,92	0:24
ABCD	Av. Marcial Lourenço Serôdio, 401 - Cidade Serodio, Guarulhos - SP, 07151-370	11,11	0:18
ABCD	Av. José Augusto da Silva Rico, 699 - Jardim Vila Rica, Guarulhos - SP, 07156-100	15,20	0:28
ABCD	R. Osvaldo Ramos, 100 - Parque Mikail, Guarulhos - SP, 07142-600	9,46	0:20
ABCD	Av. Martins Júnior, 2a - Jardim Bela Vista, Guarulhos - Sp, 07141-000, Brasil	4,22	0:09
ABCD	Av. Otávio Braga de Mesquita, 3661 - Jardim Sao Geraldo, Guarulhos - SP, 07191-000	4,81	0:10
ABCD	Av. Brigadeiro Faria Lima, 3119 - Jardim Cocaia, Guarulhos - SP, 07131-000	6,87	0:16
ABCD	Av. Benjamin Harris Hunicuati, 442 - Portal dos Gramados, Guarulhos - Sp, Brasil	5,03	0:12
ABCD	R. Claudino Barbosa, 481 - Macedo, Guarulhos - SP, 07113-040	1,96	0:05
Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	ABCD	13,24	0:14
Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	0,00	0:00
Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	R. Curitiba, 124 - Parque Jandaia, Guarulhos - SP, 07261-070	2,11	0:06

Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.3.4. Aba Veículos

Na aba veículos são configurados os tipos de veículos a serem utilizados, como o objetivo é reduzir custos; será simulado na planilha rotas com 2 vans, com o tempo máximo de viagem (tempo de condução) de 1h e 45 minutos, com capacidade de 15 lugares; o que atende as condições de restrições do problema.

Figura 5 – Aba Veículos – VRP Spreadsheet Solver



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.3.5. Aba Solução

É exibida nessa aba, os pontos de paradas roteirizados de cada veículo, como fora configurado na aba de veículos, e é mostrado também, os dados referentes a quantidade coletada bem como os tempos de viagem, expediente, partida e chegada, conforme figura 6. A aba de solução é preenchida automaticamente, após a execução da aba 6. Solver.

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

Figura 6 – Aba Solução – Itinerário Van 1 e 2 - VRP Spreadsheet Solver

Lucro líquido total:								
Veículo:	Van 1	Pára:	11	Lucro líquido:				
Parar a contagem	Nome do local	Distância viajada	Tempo de condução	Tempo de chegada	Hora de partida	Expediente	Lucro coletado	Carga
0	ABCD	0,00	0:00	0:00	08:00	0:00	0	0
1	R. Claudino Barbosa, 481 - Macedo, Guarulhos - SP, 07113-040	1,96	0:05	08:05	08:06	0:06	0	1
2	Av. Benjamin Harris Hunicutt, 442 - Portal dos Gramados, Guarulhos - Sp, Brasil	6,04	0:15	08:16	08:17	0:17	0	2
3	Av. Brigadeiro Faria Lima, 3119 - Jardim Cocaia, Guarulhos - SP, 07131-000	10,03	0:25	08:27	08:28	0:28	0	3
4	Av. Martins Júnior, 2a - Jardim Bela Vista, Guarulhos - Sp, 07141-000, Brasil	12,72	0:33	08:36	08:37	0:37	0	4
5	Av. Otávio Braga de Mesquita, 3661 - Jardim Sao Geraldo, Guarulhos - SP, 07191-000	13,56	0:36	08:40	08:41	0:41	0	5
6	R. Osvaldo Ramos, 100 - Parque Mikail, Guarulhos - SP, 07142-600	18,49	0:51	08:56	08:57	0:57	0	6
7	Av. Marcial Lourenço Seródio, 401 - Cidade Serodio, Guarulhos - SP, 07151-370	24,41	1:05	09:11	09:12	1:12	0	7
8	Av. José Brumati - Jardim, 1271 - Jardim Santo Expedito, Guarulhos - SP, 07160-170	26,23	1:10	09:17	09:18	1:18	0	8
9	Av. José Augusto da Silva Rico, 699 - Jardim Vila Rica, Guarulhos - SP, 07156-100	29,04	1:17	09:25	09:26	1:26	0	9
10	Av. Monte Alegre, 843 - Cidade Soberana, Guarulhos - SP, 07161-150	32,03	1:25	09:34	09:35	1:35	0	10
11	Av. José Rangel Filho, 68 - Jardim Pte. Alta I, Guarulhos - SP, 07179-350	35,02	1:33	09:43	09:44	1:44	0	11
12								
13								
14								
15								
16								
17								

Lucro líquido total:								
Veículo:	Van 2	Pára:	5	Lucro líquido:				
Parar a contagem	Nome do local	Distância viajada	Tempo de condução	Tempo de chegada	Hora de partida	Expediente	Lucro coletado	Carga
0	ABCD	0,00	0:00	0:00	08:00	0:00	0	0
1	Av. José Miguel Ackel, 683 - Parque Industrial Cumbica, Guarulhos - SP, 07241-090	12,81	0:16	08:16	08:17	0:17	0	1
2	R. Café, 88 - Jardim Silvestre, Guarulhos - SP, 07243-240	14,96	0:22	08:23	08:24	0:24	0	2
3	Estr. Pres. Juscelino K. d Oliveira, 4347 - Jardim Albertina, Guarulhos - SP, 07252-000	16,11	0:27	08:29	08:30	0:30	0	3
4	R. Curitiba, 124 - Parque Jandaia, Guarulhos - SP, 07261-070	18,22	0:33	08:36	08:37	0:37	0	4
5	R. Cavoia, 193 - Vila Curuça Velha, São Paulo - SP, 08030-180	25,84	0:55	08:59	09:00	1:00	0	5
6								

Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.3.6. Aba Visualização

Nessa aba é exibido um print no Bing Maps com as rotas sugeridas, que satisfazem o problema, calculadas pelo Solver. Como mostrada na figura 7.

Figura 7 – Aba Visualização VRP Spreadsheet Solver



Fonte: Desenvolvido pelo autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por intermédio da ferramenta VRP *Spreadsheet Solver*, na comparação entre cenário atual e sugerido, foi possível reduzir e aprimorar, respeitando todas as restrições do cliente ABCD as seguintes variáveis: o custo diário de operação dos veículos fretado de R\$1147,38 para R\$764,92 gerando uma economia de 33% a empresa ABCD; utilizando 2 vans, ao invés de 3, otimizando os trajetos, melhorando as taxas de ocupação média: de 36% para 53%, conseqüentemente, queda da taxa média de ociosidade de 64% para 47%. Essas informações citadas estão resumidas na tabela 3.

Tabela 3 – comparativo cenário atual x sugerido

CENÁRIO ATUAL									
NOME DA LINHA	KM	TEMPO DE VIAGEM	MODAL	CAPACIDADE	PASSAGEIROS	CUSTO	OCUPAÇÃO	OCIOSIDADE	
LINHA 1	22	01:15	VAN	15	5	R\$ 382,46	33%	67%	
LINHA 2	30	01:20	VAN	15	6	R\$ 382,46	40%	60%	
LINHA 3	24	01:00	VAN	15	5	R\$ 382,46	33%	67%	
TOTAL	76	03:35:00		45	16	R\$ 1.147,38			
MÉDIA	25,33	01:11:40		15,00	5	R\$ 382,46	36%	64%	
CENÁRIO SUGERIDO									
NOME DA LINHA	KM	TEMPO DE VIAGEM	MODAL	CAPACIDADE	PASSAGEIROS	CUSTO	OCUPAÇÃO	OCIOSIDADE	
LINHA 1	35	01:44	VAN	15	11	R\$ 382,46	73%	27%	
LINHA 2	26	01:00	VAN	15	5	R\$ 382,46	33%	67%	
TOTAL	61	02:44:00		30	16	R\$ 764,92			
MÉDIA	30,50	01:22:00		15,00	8	R\$ 382,46	53%	47%	
						% ECONOMIA NO CUSTO	33%		

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Com este artigo pode-se estudar, compreender, analisar e utilizar as ferramentas no âmbito da roteirização, objetivando o aprimoramento e melhoria de qualidade das operações processuais logísticas de transporte fretado, o que implica, num ambiente mais adequado o que pode possibilitar: um maior controle do endereçamento, melhora no aproveitamento dos recursos, melhora no fluxo de movimentação, melhora da qualidade do nível de serviço, evitando problemas de atraso de coletas e/ou entregas, ou seja, as melhorias proporcionadas pelas ferramentas de roteirização agregam valor logístico à organização. Complementado, se a proposta for aplicada corretamente, acarretará melhora no custo de serviço logístico prestado, o que irá agregar valores logísticos à empresa.

Aplicação da roteirização na redução dos custos e melhoria de qualidade no transporte de fretados: estudo de caso em uma empresa de tecnologia

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram mostradas a importância da roteirização e foram desenvolvidos estudos teóricos e comparativos objetivando fundamentar e identificar os principais benefícios advindos do processo de roteirizar. O estudo de caso foi desenvolvido com base em dados obtidos e em análises de processos internos da empresa XYZ Rotas e software de roteirização em planilha feita no MS Excel, pelo professor Gunes Erdogan.

As análises apresentadas podem propiciar: redução do custo de transporte, aumento da taxa de ocupação de veículos, melhora (redução) nos tempos viagens, maior acuracidade das informações de preços do fretamento, aprimoramento nos recursos utilizados para o transporte de fretados, corte de linhas ociosas, criação de rotas alternativas e melhoria no nível de qualidade do serviço logístico oferecido.

7. REFERÊNCIAS

- ARENALES, Marcos Nereu; ARMENTANO, Vinícius; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horácio. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, Ronald. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. Tradução Hugo T. Y. Yoshizaki. 1. ed., 25. reimpressão. São Paulo: Atlas, 2011.
- ERDOĞAN, Güneş. **An open source spreadsheet solver for vehicle routing problems**. **Computers & operations research**, v. 84, p. 62-72, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054817300552>>. Acesso em: 02 abr. 2023
- GOLDBARG, Marco César; LUNA, Henrique Pacca Loureiro; GOLDBARG, Elizabeth Ferreira Gouvêa. **Programação Linear e Fluxos em Redes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- HOINASK, Fábio. **CUSTOS LOGÍSTICOS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO: QUAIS SÃO E COMO OTIMIZÁ-LOS?** 2017. Blog Ibid System Solutions. Disponível em: <<https://www.ibid.com.br/blog/custos-logisticos-no-transporte-rodoviario-quais-sao-e-como-otimiza-los/>>. Acesso em: 21 dez. 2022.



Marco Olaniyan Fontes de Jesus Felix, Adriano Maniçoba da Sila

KAUARK, Fabiana; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. Itabuna. Via Litterarum, 2010. Disponível em: http://www.pgcl.uenf.br/arquivos/livrodemetodologiadapesquisa2010_011120181549.pdf Acesso em 10.04.2023.

LOPES, L. A. S; MELO, C. S. Jr. **Roteirização simplificada**. Revista Tecnológica, ano VIII, nº 89, 2003.

MARQUES, Vitor. **Utilizando o Transportation Management System para uma gestão eficaz de transportes**. Revista Tecnológica, ano VI, nº 77, 2002.

Microsoft Excel. **Solver** Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/office/definir-e-resolver-um-problema-usando-o-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>. Acesso em 03/03/2023.

Pisinger, D., Ropke, S., 2007. **A general heuristic for vehicle routing problems**. *Comput. Oper. Res.* 34 (8), 2403–2435.

RAGO, Sidney F. T. **Estratégias para distribuição e transportes (II)**. Revista Log&Mam – Logística, Movimentação e Armazenagem de Materiais, ano XXIII, nº 146, 2002.

RESENDE, Paulo T. V.; MENDONÇA, Guilherme Dayrell; CERQUEIRA, Marina Rodrigues. **Relatório de pesquisa: análise estratégica dos canais de distribuição no Brasil**. Fundação Dom Cabral. Minas Gerais, ano 6, nº 06, dezembro de 2006. Disponível em: <https://acervo.ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Relat%C3%B3rios%20de%20Pesquisa/Relat%C3%B3rios%20de%20Pesquisa%202006/0606.pdf>. Acesso em: Acesso em: 21 dez. 2022.