

## APLICAÇÃO DO PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO EM UM RESTAURANTE COMO FERRAMENTA DE APOIO À ESTRATÉGIA DE ENTREGAS A DOMICÍLIO

<sup>1</sup>Alessandro da Silva Barbosa; <sup>1</sup>silvaalexandrobosaba@gmail.com; <sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul;  
<sup>2</sup>Saulo Gomes Moreira; <sup>2</sup>saulo.moreira@ufms.br; <sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul;  
<sup>3</sup>Nadya Kalache; <sup>3</sup>nadya.kalache@ufms.br; <sup>3</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul;  
<sup>4</sup>João Batista Sarmento dos Santos Neto; <sup>4</sup>joao.sarmento@ufms.br; <sup>4</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

**RESUMO:** *O presente estudo tem como objetivo analisar a estratégia utilizada em um restaurante que entrega marmitas e marmitex, e reduzir custos de transporte por meio de um modelo ou método de roteirização. Esse método visa à otimização das rotas através da diminuição das distâncias e, conseqüentemente, diminuição dos custos de entrega. A aplicação do modelo foi realizada por meio de um estudo de caso, utilizando uma abordagem quantitativa para realizar modelagens matemáticas para resolução de problemas de tomada de decisão, além de pesquisas bibliográficas em livros e artigos. Ainda sobre o método, foi realizada uma pesquisa de caráter primário, na qual os dados foram coletados a partir de entrevista semiestruturada com o proprietário do estabelecimento, analisando-os de forma quantitativa, de modo a aplicar a resolução utilizando dois tipos de problemas de roteirização, sendo eles o Problema do Caixeiro Viajante e o Problema de Roteirização Clássica de Veículos nas operações de entrega dos produtos. Por fim, recorreu-se à análise de cenários para comparar o cenário atual com três cenários propostos, construídos com base em modelos matemáticos de roteirização, com o objetivo de quantificar a redução das distâncias e custos.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Roteirização em restaurante; Problema de roteirização; Problema do caixeiro viajante; Problema de roteirização clássica de veículos.

**ABSTRACT:** *The present study aims to analyze the strategy used in a restaurant that delivers marmite and marmitex, and reduce transportation costs by means of a routing model or method. This method aims at optimizing routes by reducing distances and, consequently, decreasing delivery costs. The application of the model was performed through a case study, using a quantitative approach to perform mathematical modeling to solve decision making problems. The application of the model was carried out through a case study, using a quantitative approach to perform mathematical modeling of problems, as well as bibliographic research in books and articles. Also on the method, a primary research was carried out, in which the data were collected from semi structured interview with the owner of the establishment, analyzing them in a quantitative way, in order to apply the resolution using two types of routing, being they the Problem of the Traveling Salesman and the Problem of Classical Routing of Vehicles in the operations of delivery of the products. Finally, scenario analysis was used to compare the current scenario with three proposed scenarios, based on mathematical models of routing, with goal to quantify the reduction of distances and costs.*

**KEYWORDS:** Routing in restaurant; Routing problem; Traveling salesman problem; Classical vehicle routing problem.

### 1. Introdução

O setor alimentício é um dos setores de fundamental importância na sociedade atual. Isso porque pode ser afirmado devido a necessidade crescente das pessoas por se alimentarem-se fora de casa, a falta de tempo ou mesmo a busca por uma experiência gastronômica propiciaram o desenvolvimento do comércio de restaurantes.

Para garantir permanência no mercado, os restaurantes têm oferecido alguns serviços adicionais como, por exemplo, a entrega de marmitas e marmitex, além da prática do sistema de *self-service* por um preço competitivo. Conforme dados da ABRASEL (2019), 35% dos bares e restaurantes fecham as portas em dois anos. Uma das dificuldades que o ramo de restaurantes enfrenta está relacionada às operações de entrega de refeições, envolvendo custo na contratação de entregador, custo com combustível e manutenção de veículos, custos estes que se não forem bem analisados e corrigidos, comprometem os lucros da empresa.

Dentro deste contexto, o objeto de estudo [deste artigo](#) é um empreendimento do ramo alimentício localizado em Campo Grande, no estado de Mato Grosso do Sul. Por questões particulares da empresa, sua identidade não será mencionada, sendo chamada neste trabalho pelo nome de [R](#)estaurante. O estabelecimento atua há três anos no mercado e conta com uma equipe composta por duas cozinheiras, uma operadora de caixa e um funcionário para realizar entrega dos pedidos *delivery* de marmitas e marmitex. A gama de produtos que a empresa oferece é constituída por pratos *self-service*, marmitas e marmitex.

Para este trabalho, considerou-se os clientes fixos que contratam o serviço *delivery*, pois observou-se que o mesmo não possui uma boa acuracidade da rota. O estabelecimento faz as entregas para quatro clientes fixos, de segunda a sábado, utilizando como veículo uma motocicleta própria da empresa e juntamente do veículo tem-se uma caixa térmica com capacidade para 5 marmitas ou 12 marmitex.

Observou-se no roteiro atual que o veículo precisa retornar ao restaurante mais de uma vez, [pois, Isso porque](#) a caixa utilizada nas entregas possui restrição de capacidade para armazenar até 5 marmitas ou 12 marmitex, de modo que o veículo precisa retornar ao restaurante após cada entrega: 10 marmitex para o primeiro cliente, 3 marmitas ao segundo cliente, 5 marmitas ao terceiro e 12 marmitex ao quarto cliente.

Assim, objetiva-se a aplicação de modelos de roteirização na tentativa de solucionar este problema e para que seja possível melhor compreender as restrições do empreendimento. Para que esse objetivo seja cumprido pretende-se, especificamente: identificar o problema do caso estudado, formular um modelo matemático compatível com as características do problema real, solucionar o modelo, comparar o modelo otimizado com o modelo da empresa, propor melhorias de acordo com os resultados encontrados.

## 2. Referencial teórico

A roteirização é a atividade que tem por fim buscar os melhores trajetos que um veículo deve fazer através de uma malha. Esta busca, que geralmente tem como objetivo minimizar o tempo ou a distância, é uma decisão frequente na logística empresarial (BALLOU, 2001).

Atuar na decisão de roteirização não significa atuar somente sobre o transporte: a extensão do tempo em que o produto está em trânsito influencia no total de estoque da cadeia, além do número de embarques que um veículo pode realizar em determinado período de tempo, e uma boa escolha das rotas pode melhorar o nível de serviço prestado ao cliente (BALLOU, 2001).

Os problemas de roteirização são classificados em vários tipos, sendo diferenciados pelo tipo de operação, função objetivo, restrições envolvidas, frota utilizada, localização dos clientes, entre outros. Novaes (2007) define dois tipos de problemas de roteirização: sem restrições de capacidade e com restrições de capacidade. Segundo o autor, a roteirização sem restrições de capacidade é denominada como Problema do Caixeiro Viajante, ao passo que a inclusão de restrição de capacidade designa um Problema de Roteirização Clássica de Veículos.

Segundo Goldbarg e Luna (2005), a formulação matemática do Problema do Caixeiro Viajante é constituída dos seguintes elementos:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (3)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad (i \neq j) \quad (4)$$

A equação (1) corresponde à função objetivo, que consiste em otimizar a rota, ou seja,

Formatado

minimizar custo, tempo ou a distância total de distribuição de mercadorias. Na sequência, a equação (2)(2) simboliza a restrição que determina ao nó  $j$  ser visitado somente uma vez, enquanto a restrição definida pela equação (3)(3) determina que o nó  $i$  deve ser visitado uma única vez, e a inequação (4)(4) representa a restrição para evitar o surgimento de sub-rotas. O termo  $c_{ij}$  simboliza os termos constantes que são as distâncias entre os pontos  $(i, j)$  e o termo  $x_{ij}$  representa as variáveis, elas não devem assumir valores negativos e são binárias, recebendo valor igual a um, caso seja escolhida para fazer parte da rota ótima, ou valor igual a zero, caso contrário.

Uma das formulações mais utilizadas para o Problema de Roteirização Clássica de Veículos é a formulação de Larsen (1999), na qual a função objetivo é representada pelo somatório dos produtos entre as quantidades das variáveis  $x_{ijv}$  e suas respectivas distâncias  $c_{ij}$  a serem percorridas pelo veículo  $v$ , buscando minimizar o caminho total e estando sujeito a um grupo de restrições para o modelo, descrito a seguir:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{v=1}^M \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} x_{ijv} \quad (5)$$

Sujeito a:

$$\sum_{v=1}^M \sum_{j=1}^{n+1} x_{ijv} = 1, \quad \forall i \in C \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i \sum_{j=1}^n x_{ijv} \leq Q, \quad \forall v \in V \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0jv} = 1, \quad \forall v \in V \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i(n+1)v} = 1, \quad \forall v \in V \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ihv} - \sum_{j=1}^n x_{hjhv} = 0, \quad \forall v \in V, h \in C \quad (10)$$

Conforme Larsen (1999), os termos pertencentes a esse tipo de problema significam que: um

Formatado: Fonte: Itálico

conjunto de veículos idênticos, representado pelo conjunto  $V = \{1, \dots, M\}$ , necessita realizar entregas em uma região. Os  $n$  clientes dentro desta região estão representados pelo conjunto  $C$ , que são vértices de um grafo  $G = (C, A)$ , com  $A$  sendo o conjunto de arestas. Adicionalmente, incluem-se dois outros vértices, os vértices 0 e  $n+1$  que representam o depósito central de onde partirão e chegarão todos os veículos, respectivamente. São dados os valores de  $c_{ij}$  que representam a distância necessária para ir do cliente  $i$  ao cliente  $j$ . Cada cliente  $i$  tem uma demanda, ou seja, uma quantidade de encomenda  $q_i$ . Além disso, cada cliente deverá ser atendido por um único veículo, não sendo permitido a divisão de uma encomenda por dois ou mais veículos. Os veículos são idênticos e possuem uma capacidade de carga  $Q$ .

A variável  $x_{ijv}$  é uma variável binária, recebendo valor igual a um se o veículo  $v$  for escolhido para realizar o percurso do ponto  $i$  ao ponto  $j$ , ou zero caso contrário. Já o termo  $x_{hijv}$  corresponde ao trajeto entre o ponto  $h$  (ponto seguinte ao ponto  $i$ ) e o ponto  $j$  percorrido pelo veículo  $v$ .

A restrição ~~(6)~~(6) estabelece que somente um veículo  $v$  deve chegar no endereço de cada cliente. A restrição ~~(7)~~(7) garante que cada veículo  $v$  atenderá somente um conjunto de clientes cuja demanda total não ultrapasse a sua capacidade  $Q$ . As restrições ~~(8)~~(8) e ~~(9)~~(9) garantem que cada veículo  $v$  parte do restaurante e retorne a este. A restrição ~~(10)~~(10) indica a continuidade das rotas, ou seja, se um veículo chega a um cliente ele deverá sair do mesmo para o cliente seguinte ou retornar ao restaurante. As restrições ~~(8)~~(8), ~~(9)~~(9) e ~~(10)~~(10) geram uma rota para cada veículo utilizado.

### 3. Metodologia

O presente estudo pode ser considerado um estudo de caso, pois do ponto de vista dos procedimentos técnicos (GIL, 2012) envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Para a aplicação prática dos conceitos foi feita ~~realizada~~ coleta de dados da empresa, que ocorreu por meio de observações diretas e entrevista semiestruturada com o proprietário em relação à demanda dos clientes, local dos pontos de demanda, eficiência do veículo da empresa e capacidade máxima da caixa térmica utilizada para armazenamento e transporte dos produtos. A partir dos dados coletados utilizou-se uma abordagem quantitativa para modelar matematicamente problemas que pudessem ser aplicados ao caso real e resolvê-los.

Em um primeiro momento foi feita tabulação dos endereços dos clientes utilizando o programa

Formatado: Fonte: Itálico

Formatado: Fonte: Itálico, Subscrito

Formatado: Fonte: Itálico

Formatado: Fonte: Itálico, Subscrito

Formatado: Fonte: Itálico

Microsoft Excel<sup>®</sup> e os passos seguintes consistiram em montar a matriz das distâncias e calcular os custos de cada rota. A matriz de distâncias foi montada por meio do Google Maps<sup>®</sup> e para os custos com transporte foi consultado relatório da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) como base de preços. Segundo a ANP (2019), o preço médio da gasolina nos postos de abastecimento da cidade de Campo Grande corresponde à 4,144 R\$/l (preço referente ao mês de abril de 2019). Assim, os dados foram aplicados na seguinte fórmula [11](#) para o cálculo do custo mensal:

$$\text{Custo mensal} = \left( \frac{\text{Distância} \times \text{preço do combustível}}{\text{Eficiência do veículo}} \right) \times (24 \text{ dias de operação}) \quad (11)$$

Sabe-se que a eficiência do veículo é de 30 km/l e a operação de entrega ocorre de segunda a sábado durante quatro semanas do mês. Logo, e aplicando os cálculos na fórmula do custo mensal foi determinado o custo envolvido em cada trajeto, conforme destaca a tabela a seguir.

TABELA 1 - Distâncias e custo mensal de cada opção de percurso

ORIGEM	DESTINO	DISTÂNCIA (km)	CUSTO (R\$)
1. Restaurante	2. Cliente A	0,6	1,99
	3. Cliente B	0,7	2,32
	4. Cliente C	0,5	1,66
	5. Cliente D	3,9	12,93
2. Cliente A	1. Restaurante	0,6	1,99
	3. Cliente B	0,6	1,99
	4. Cliente C	0,8	2,65
	5. Cliente D	4,1	13,59
3. Cliente B	1. Restaurante	0,7	2,32
	2. Cliente A	0,6	1,99
	4. Cliente C	0,9	2,98
	5. Cliente D	3,9	12,93
4. Cliente C	1. Restaurante	0,5	1,66
	2. Cliente A	0,8	2,65
	3. Cliente B	0,9	2,98
	5. Cliente D	3,4	11,27
5. Cliente D	1. Restaurante	3,9	12,93
	2. Cliente A	4,1	13,59
	3. Cliente B	3,9	12,93
	4. Cliente C	3,4	11,27

Fonte: Autoria própria.

Com o intuito de minimizar a distância dos percursos de entrega serão aplicados problemas de roteirização, sendo estas aplicações realizadas a partir de três cenários utilizando modelagem matemática de Pesquisa Operacional (PO).

Formatado: Sobrescrito

Formatado: Sobrescrito

### 3.1. Cenário 1

Para este cenário considera-se que a empresa tome como decisão adquirir uma nova caixa térmica com capacidade para atender toda a demanda e mantenha as entregas com a motocicleta utilizada atualmente. Neste caso, o entregador leva os pedidos passando uma única vez em cada endereço e retorna ao restaurante somente após concluir todas as entregas, característica comum ao Problema do Caixeiro Viajante (PCV).

O objetivo do modelo é encontrar as rotas com o menor caminho percorrido, ou seja, a função objetivo do problema é minimizar o caminho total do percurso, sendo analisadas todas as opções possíveis de rotas e suas respectivas distâncias ( $c_{ij}$ ). A Tabela 2 mostra as distâncias ( $c_{ij}$ ) entre o restaurante (nó 1) e o endereço de cada cliente (nó 2...,  $n$ ), bem como a distância entre o endereço de um cliente e outro.

**Comentado [JBSdSN1]:** É usual colocar as variáveis das fórmulas em itálico para quando aparecerem no texto.

**Formatado:** Fonte: Itálico

**Formatado:** Fonte: Itálico

**Formatado:** Fonte: Itálico

TABELA 2 – Distâncias ( $c_{ij}$ ) de cada opção de rota

DESTINO ORIGEM	1	2	3	4	5
1	0	0,6	0,7	0,5	3,9
2	0,6	0	0,6	0,8	4,1
3	0,7	0,6	0	0,9	3,9
4	0,5	0,8	0,9	0	3,4
5	3,9	4,1	3,9	3,4	0

Fonte: Autoria própria.

A ferramenta computacional escolhida para encontrar a solução do modelo foi o *solver* do programa Excel, de modo que após inserir a modelagem no programa e resolver por meio do *solver*, este retorna o percurso com menor distância para cada ponto de entrega.

Vale ressaltar que o propósito deste trabalho não é descrever o passo a passo da modelagem matemática dos três cenários, entretanto a construção sistêmica de cada modelo e os procedimentos para sua resolução podem ser acompanhados na íntegra em Barbosa (2019).

### 3.2. Cenário 2 e cenário 3

O cenário 2 é caracterizado pela realização de entregas por duas motocicletas com o intuito de oferecer um serviço mais rápido, ~~com objetivo de~~ obter o menor percurso e atender toda demanda utilizando a caixa atual com capacidade para armazenar 5 marmitas ou 12 marmítex,

ou seja, trata-se de um típico Problemas de Roteirização Clássica de Veículos, uma vez que existe restrição de capacidade. O modelo matemático deste problema aplicado ao cenário 2 tem a função objetivo de minimização da distância total da rota, sendo essa função definida pela somatória do produto das variáveis com suas respectivas distâncias percorridas.

De maneira similar, o terceiro cenário utiliza-se da mesma modelagem matemática do segundo cenário, existindo diferença somente em relação ao número de veículos, pois envolve a utilização de quatro motocicletas para que o serviço seja realizado em menor tempo, *buscando a menor rota e atendendo toda demanda.*

*Para resolver o modelo do segundo cenário e do terceiro cenário foi utilizado o software LINGO®, devido ao considerável número de variáveis e restrições que limitariam o processo de solução no solver do Excel.*

Formatado: Fonte: Itálico

Formatado: Espaçamento entre linhas: 1,5 linhas

#### 4. Resultados

Depois de ~~Após~~ inserir os modelos definidos para cada cenário foi feita a execução dos mesmos e encontrada a solução ou percurso ótimo. Em conjunto com a solução foram analisados também os custos com transporte mensal e anual para cada cenário, os resultados são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 – Roteiros selecionados, distâncias e custos de cada cenário

ROTA	PERCURSO	DIST. (km)	CUSTO MENSAL (R\$)	CUSTO ANUAL (R\$)	AQUISIÇÃO (R\$)	
					CAIXA TÉRMICA	MOTO CICLETA
R <sub>ATUAL</sub>	1 - 2 - 1 - 3 - 1 - 4 - 1 - 5 - 1 Restaurante - Cliente A - Restaurante - Cliente B - Restaurante - Cliente C - Restaurante - Cliente D - Restaurante	11,4	37,80	453,60	-	-
	R <sub>C1</sub>					
R <sub>C2</sub>	0 - 1 - 5 - 3 - 4 - 3 - 0 - 2 - 5 Restaurante - Cliente A - Restaurante - Cliente C - Cliente D - Cliente C - Restaurante - Cliente B - Restaurante	9,4	31,16	373,92	-	4.000,00
	R <sub>C3</sub>					

	Restaurante - Cliente D - Restaurante - Cliente C - Restaurante					
--	---	--	--	--	--	--

Fonte: Autoria própria.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, obtém-se como solução ótima para o primeiro cenário ( $R_{C1}$ ) a rota ~~com distância total de 9 km, que percorre o trajeto~~ ~~em o percurso~~ 1 – 2 – 3 – 5 – 4 – 1, ou seja, a moto ~~cicleta~~ deve se deslocar do ~~R~~restaurante para o cliente A, após entregar a encomenda no endereço do cliente A deve prosseguir até o endereço do cliente B, em seguida vai para a localização do cliente D, depois prossegue ao Cliente C, após realizar entrega ao cliente C conclui-se o percurso retornando para o ~~R~~restaurante.

Em contrapartida, a solução do cenário 2 ( $R_{C2}$ ), cujo percurso ~~é~~ dado por 0 – 1 – 5 – 3 – 4 – 3 – 0 – 2 – 5, não é uma solução viável. Perceba que, ~~no trajeto~~ 3 – 4 – 3, o veículo chega ao cliente C, percorre o caminho para o cliente D e depois retorna ao cliente C, logo não atende uma das restrições impostas ao modelo, especificamente aquela que determina que cada cliente deve ser visitado uma única vez.

Já a solução ótima para o cenário 3 ( $R_{C3}$ ) cujo percurso, expresso por 0 – 1 – 5 – 2 – 5 – 4 – 5 – 3 – 5, determina que o veículo 1 faça o percurso 0 – 1 – 5 (Restaurante – Cliente 1 – Restaurante), o veículo 2 ~~realize percorra a segunda rota iniciando do~~ trajeto ~~50~~ – 2 – 5 (Restaurante – Cliente 2 – Restaurante), o veículo 3 ~~atenda os realize a rota 3 passando pelos~~ pontos ~~50~~ – 4 – 5 (Restaurante – Cliente 4 – Restaurante) e o veículo 4 percorra o trajeto ~~50~~ – 3 – 5 (Restaurante – Cliente 3 – Restaurante) da rota 4.

Em relação aos impactos econômicos, comparando a rota do cenário 1 ( $R_{C1}$ ) com aquela realizada atualmente pela empresa ( $R_{ATUAL}$ ), observou-se uma redução de 21,05% na quilometragem da rota ~~atual praticada~~ ~~otimizada~~, logo a distância total percorrida diminuiu para 9 km. Os custos, por sua vez, apresentaram redução de 21,06 %, ou seja, o custo mensal caiu em R\$ 7,96 e o custo anual diminuiu em R\$ 95,52. Lembrando que, neste cenário, considera-se a aquisição de uma nova caixa térmica para o transporte de marmitas e marmitex, cujo preço de compra é de R\$ 299,99 (preço obtido através de pesquisas em plataformas de vendas de produtos *on-line*). Somando o custo anual com ~~transporte e~~ o custo de aquisição da caixa térmica, a empresa terá um custo total de R\$ 658,07.

A análise dos custos da rota do cenário 2 ( $R_{C2}$ ) comparada com o cenário atual da empresa

Formatado: Cor da fonte: Automática

( $R_{ATUAL}$ ) mostrou redução de 17,54% da quantidade percorrida, gerando uma distância total de 9,4 km. Com relação ao custo mensal e ao custo anual [com transporte](#), houve redução de 17,57%, isto é, [houve diminuição](#) de R\$ 6,64 do custo mensal e [quedadiminuição](#) de R\$ 79,68 do custo anual. Observe que este cenário considera a aquisição de uma nova motocicleta, cujo custo é de R\$ 4.000,00 (preço médio obtido em pesquisas nas plataformas de vendas de produtos *on-line*). Dessa forma, somando o custo anual e o custo da aquisição da motocicleta, a empresa irá realizar as entregas ao custo total de R\$ 4.373,92 [para o cenário 2](#).

Por outro lado, comparando os custos da rota do cenário 3 ( $R_{C3}$ ) com a rota atual ( $R_{ATUAL}$ ) não houveram variações no custo mensal e anual com transporte, pois [R<sub>C3</sub> e R<sub>ATUAL</sub> - as duas rotas](#) apresentaram a mesma quantidade total percorrida mesmo percurso. Entretanto, o terceiro cenário pressupõe a aquisição de três novas motocicletas ao custo de R\$ 12.000,00 (custo de uma motocicleta multiplicado por três). [LogoAssim](#), para o cenário 3, somando o custo anual com o custo das três motocicletas obtém-se um custo total de R\$ 12.453,60.

Sendo assim, a rota que apresenta menor distância e menor custo mensal e anual é a rota sugerida pelo cenário 1, esta rota possui 9 km de percurso e um custo mensal de R\$ 29,84. A Figura 1 e a Figura 2 apresentam o percurso ótimo mostrando a projeção das rotas dos modelos que obtiveram solução viável e suas respectivas distâncias totais do percurso.

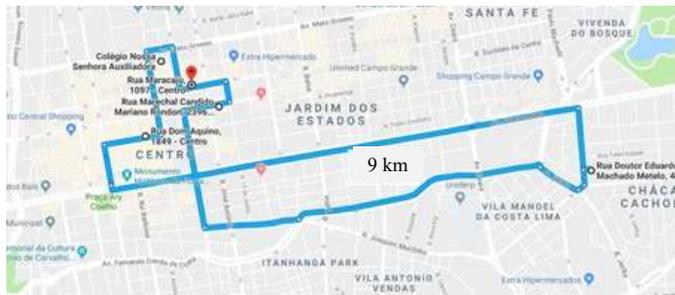


FIGURA 1 – Percurso ótimo para o cenário 1. Fonte: Google Maps.

Formatado: Não Sobrescrito/ Subscrito

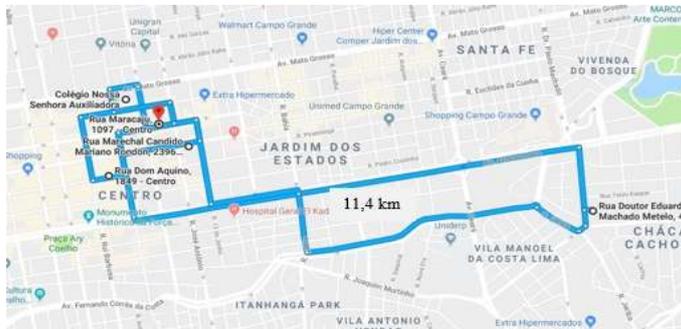


FIGURA 2 – Percurso ótimo para o cenário 3. Fonte: *Google Maps*.

Após análise de cada cenário, observou-se que a rota mais atrativa a curto prazo é a rota do cenário 1, que obteve a diminuição percentual mais significativa dos custos e da quantidade percorrida, se comparada com a distância total da rota atual. Em contrapartida, o cenário 2 apresentou solução inviável, pois não atendeu todas as restrições do modelo. Já o cenário 3 apresentou rota ótima com uma distância total de 11,4 km, que é a mesma quilometragem da rota praticada pela empresa.

### 5. Considerações finais

Neste trabalho foi proposto, aplicado e analisado o Problema de Roteirização para melhorias nos processos logísticos do Restaurante estudado. Verificou-se que o roteiro atual adotado na empresa incorre em custos adicionais indesejáveis, uma vez que se retorna ao Restaurante a cada entrega realizada.

A aplicação do Problema do Caixeiro Viajante foi essencial para minimizar a distância percorrida pelo veículo, chegando a uma redução de 2,4 km e R\$ 7,96 nos custos mensais do roteiro de entregas atual, valor equivalente a R\$ 95,52 a menos nos custos anuais com transporte. Apesar de parecer um valor pouco representativo, a empresa poderia atender novos pedidos *delivery* utilizando os mesmos 2,4 km de distância. Sabendo que o Restaurante vende a marmita por R\$ 25,90, e supondo que nessa distância a empresa consiga entregar mais duas marmitas em suas operações normais de segunda a sábado durante quatro semanas do mês, o estabelecimento restaurante poderia obter uma receita adicional mensal de R\$ 1.243,20 e R\$ 14.918,40 anual aos cofres da empresa. Alternativamente, a economia anual de R\$ 95,52 poderia ser investida em prospecção de clientes e expansão do serviço.

A melhoria obtida no presente estudo reforça a importância dos problemas de roteirização de

veículos e sua potencial contribuição para a implantação de melhorias práticas no âmbito corporativo. Além disso, o uso de métodos de roteirização contribui como vantagem competitiva para a empresa, pois em um potencial cenário de aumento do número de clientes, o estabelecimento consegue estabelecer parâmetros e estratégias a serem utilizados como referência em roteirizações de maior porte.

As dificuldades e limitações encontradas para a realização desse estudo foram a reduzida quantidade de trabalhos com enfoque similar na aplicação do Problema de Roteirização Clássica de Veículos, bem como sua modelagem no LINGO, sendo necessário analisar os códigos do modelo, linha por linha, a fim de prevenir qualquer erro que pudesse alterar o problema e interferir na sua resolução. Além disso, o estudo corrente limitou-se em minimizar a distância percorrida e analisar o comportamento dos custos em cada rota, não sendo consideradas outras variáveis que também atuam no processo de roteirização, tais como tempos de entrega.

O Problema do Caixeiro Viajante, apesar da aderência bastante próxima ao caso real, não considera restrição de capacidade do veículo. Uma alternativa para alinhar o método com a situação real e que ao mesmo tempo promova impacto economicamente viável, a curto prazo, sugere o investimento em uma caixa térmica com capacidade para armazenar 5 marmitas ou 12 marmitex.

Por sua vez, o Problema de Roteirização Clássica de Veículos é o método que mais se aproxima das características do problema real, porém não é viável sua aplicação a curto prazo, uma vez que existem poucos pontos de entrega e não é vantajoso ~~utilizar adquirir~~ mais de um veículo para efetuar o serviço. A longo prazo, dado um potencial aumento de clientes, o método passa a ter impacto financeiro significativo.

Uma sugestão para trabalhos futuros é testar projeções com um conjunto maior de pontos de atendimento a fim de aplicar outras vertentes do problema de roteirização para explorar soluções que aprimorem o modelo. Recomenda-se também uma abordagem para o problema considerando o tempo de espera em cada ponto de distribuição e o tempo total por percurso, de maneira a tornar o serviço de entrega mais rápido.

## Referências

ABRASEL – Associação Brasileira de Bares e Restaurantes. **Mercado e consumo**. Disponível

em: <<https://abrasel.com.br/noticias/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Síntese dos preços praticados – Campo Grande, resumo I – gasolina R\$/l.** Disponível em: <[https://preco.anp.gov.br/include/Resumo\\_Por\\_Municipio\\_Posto.asp](https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Por_Municipio_Posto.asp)>. Acesso em: 10 maio 2019.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BARBOSA, A. S. **Aplicação do problema de roteirização em um restaurante como ferramenta de apoio à estratégia de entregas a domicílio.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção, FAENG – Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. – Universidade Federal Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GOLDBARG, M. C; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear: Modelos e Algoritmos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

LARSEN, J. **Parallelization of the vehicle routing problem with time windows.** Tese de Doutorado-Phd-Thesis, Department of Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, 1999.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição.** 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.