

APLICAÇÃO DO PROBLEMA DE CAIXEIRO VIAJANTE PARA OTIMIZAÇÃO DAS ROTAS DE UMA EMPRESA DE DOCES

¹Carolina Zavala de Queiroz; ¹carolzq16@gmail.com; ¹Universidade Federal do Mato Grosso do Sul;
²Vinícius de Almeida Neto; ²v-almeida-neto@hotmail.com; ²Universidade Federal do Mato Grosso do Sul;
³Larissa Sayuri Urano Wagatuma; ³sayuri.urano@hotmail.com; ³Universidade Federal do Mato Grosso do Sul;
⁴Carolina Lino Martins Pompeo de Camargo; ⁴carolina.lino@ufms.br; ⁴Universidade Federal do Mato Grosso do Sul;

RESUMO: O objetivo deste artigo é encontrar um caminho ótimo para as rotas de trabalho nos dias de recebimento de pagamento da empresa Artes da Fazenda - Doces e Biscoitos, localizada em Campo Grande – MS. Foi utilizado o Problema do Caixeiro Viajante de modo a obter a menor distância entre a casa da microempresendedora e os locais de venda, visando percorrer apenas uma vez por cada ponto e retornar para a casa da mesma ao final da trajetória. Como os trajetos eram feitos sem embasamento, foi preciso fazer um mapeamento dos locais a serem percorridos, e para isso fez-se o uso primeiramente, do software Google Maps, afim de obter a distância entre os pontos. A execução do PCV foi com a utilização da formulação matemática de Dantzig, Fulkerson e Johnson, e sua otimização com a ferramenta do Microsoft Excel, o Solver. A resolução desse problema foi de grande relevância para a empresa e pode ser utilizada como modelo para outras, pois com a rota ideal estabelecida foi possível adquirir uma melhor logística, economizando tempo e custo com combustível.

PALAVRAS-CHAVE: Problema do Caixeiro Viajante; Rota de otimização; Microempresendedorismo.

ABSTRACT: The objective of this article is to find an optimal path for the work routes on the days of receipt of payment of the company Artes da Fazenda - Doces e Biscoitos, located in Campo Grande - MS. The Traveling Salesman Problem was used in order to obtain the shortest distance between the home of the microentrepreneur and the sales points, aiming to go only once for each point and return to the house of the same at the end of the trajectory. As the routes were made without a base, it was necessary to map the places to be traveled, using the Google Maps software in order to obtain the distance between the points. The execution of the PCV was done using the mathematical formulation of Dantzig, Fulkerson and Johnson, and its optimization with the Microsoft Excel tool, the Solver. The solution of this problem was of great relevance for the company and can be used as a model for others, because with the ideal route established it was possible to acquire better logistics, saving time and cost with fuel.

KEYWORDS: Traveling Salesman Problem; Optimization route; Microentrepreneurship.

1. Introdução

O mercado de microempresendedores no Brasil cresceu consideravelmente nos últimos anos e segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), o número desses indivíduos no ano de 2017 superou 7 milhões. Para formalizar em categorias os trabalhadores brasileiros - os quais exerciam diversas tarefas e não tinham amparo legal ou proteção jurídica - foi decretada em 2008 pelo Governo Federal a Lei Complementar nº 128, que alterou a Lei Geral da Micro e Pequena Empresa (Lei Complementar nº 123/2006) e criou a figura do Microempresendedor Individual (MEI). Dentre as diversas pessoas que aderiram a esse sistema no país, encontra-se a microempresendedora.

O contexto do ambiente atual está suscetível a problemas a todo momento, a competitividade entre empresas cresce absurdamente, dificultando o desenvolvimento de uma organização ou indivíduo empreendedor. Evitar erros é o foco principal para se manter firme no mercado, e grande parte desses problemas podem ser solucionados com a utilização de métodos e ferramentas matemáticas da Pesquisa Operacional, a qual tem como foco a tomada de decisões e busca por melhor operação do sistema, reduzindo custos desnecessários e gerando maiores lucros para a organização. Assim, é possível propor alternativas para a solução de problemas reais, como fazer uma análise do caso microempreendedores, por exemplo.

Foi feita uma análise com uma microempreendedora, proprietária da empresa Artes da Fazenda - Doces e Biscoitos, localizada em Campo Grande - MS. Ela faz uma variedade de biscoitos doces e salgados para vender por conta própria em escolas da cidade. Seu maior problema são as rotas de uma localidade a outra, pois utiliza métodos empíricos e não há uma sequência correta de visitas. Dessa forma, no caso em estudo, serão feitas duas roteirizações das escolas por onde a microempreendedora precisa passar em dois dias da semana, para o recebimento dos pagamentos.

Por conseguinte, a solução será utilizar um dos métodos de Pesquisa Operacional que está inserido na Programação Dinâmica, chamado de Caixeiro Viajante. O mesmo consiste em minimizar a distância, custo ou tempo entre os pontos, de modo a passar apenas uma vez por cada localidade e voltar para o ponto de origem ao final da trajetória. No caso em análise, o objetivo será de minimizar a distância entre as escolas, de modo que as mesmas não sejam repetidas durante o trajeto da microempreendedora e, esta retorne para a sua casa no final do percurso. Para tal, será estabelecido a solução ótima do problema com a utilização do programa Microsoft Excel (com o uso de planilhas) e uma ferramenta do mesmo denominada Solver.

2. Referencial teórico

2.1. Microempreendedorismo individual no Brasil

O mercado dos microempreendedores vem crescendo apesar da crise no Brasil. O fato se deve aos apoios que a área tem recebido e também pelo interesse na formalização, que pode ser obtida sem muita burocracia, chamada Microempreendedor Individual (MEI) que possibilita a autonomia para abertura de uma pequena empresa (FAGUNDES, 2014).

Segundo uma pesquisa do SEBRAE quase 50% desses profissionais tem seu negócio na própria casa, local onde planeja, produz e vende seu produto. Sendo que 40% deles tinha carteira

assinada antes de criar o próprio negócio. Isso gera renda e trabalho para diversas famílias, contando hoje com 3,5 milhões de empreendedores no país (FAGUNDES, 2014).

2.2. Problema do caixeiro viajante

Podemos conceituar a Pesquisa Operacional como um método científico para tomada de decisões, que utiliza várias técnicas e modelos matemáticos, com o objetivo de encontrar a solução ótima, ou seja, a melhor alternativa entre todas as opções disponíveis para um determinado problema. Os problemas podem ser de maximização ou de minimização (SOUTO-MAIOR, 2014).

Os problemas de rota lidam em sua maior parte com passeios sobre pontos de demanda ou oferta, esses podem ser representados por cidades, postos de trabalho, depósitos, entre outros. Um dos tipos mais importantes tipos de passeio é o hamiltoniano, o qual surgiu devido a um jogo proposto por Willian Rowan Hamilton e consistia em encontrar uma rota através dos vértices – associados a cidades – de um dodecaedro, iniciando-se e finalizando-se em um mesmo local, sem nunca repetir as visitas (GOLDBARG E LUNA, 2005).

O Problema do Caixeiro Viajante (PCV) é um dos mais tradicionais e conhecidos problemas de programação matemática (MELAMED, 1990 *apud* CAMPELLO E MACULAN, 1994) e associa a otimização à determinação dos caminhos hamiltonianos em um grafo - estrutura que corresponde a um par de conjuntos $G = (N, E)$, como definido por Marins (2011), intitulado por formulação matemática – com o objetivo de minimizar o custo dessa trajetória (GOLDBARG E LUNA, 2005).

Considerado um problema bem conhecido de otimização combinatória, o problema do Caixeiro Viajante possui muitas aplicações na vida real, como o Roteamento de Veículos (SIQUEIRA, 2005). Dependendo do problema a ser analisado, abrange um conjunto de cidades e busca minimizar a distância. A função objetivo expõe a minimização da distância e as restrições diz que cada cidade tem apenas uma sucessora imediata e uma predecessora (ARENALES; ARMENTANO; MORABITO E YANESSE, 2007).

3. Metodologia

A microempreendedora passa por 11 pontos na cidade de Campo Grande – MS. A análise neste modelo, será os dias em que a mesma passará nas escolas para receber o pagamento, sendo em dois dias, uma vez ao mês. A ida às escolas é feita exclusivamente por ela.

Por uma questão de limitação de recursos humanos, ela não poderá passar por todas as escolas em apenas um dia. Dessa forma, para a roteirização, a cidade foi dividida em 2 regiões: norte e sul, para estabelecer uma rota diária com os locais mais próximos, em que serão 5 escolas na região norte para o primeiro dia e 6 escolas na região sul para o segundo dia.

Para a resolução do problema foi utilizado o Microsoft Excel, que possibilitou, com o auxílio do software Google Maps, demarcar quais as distâncias em quilômetros entre as escolas e a casa de Roberta, e determinar qual a rota escolhida – distância com o menor caminho - nesses dois dias.

Assim, o modelo consiste em estabelecer um roteiro, que inicie e finalize na casa da vendedora de biscoitos, com a finalidade de percorrer o caminho mais curto ao passar por todas as 5 e 6 escolas, respectivas ao primeiro e segundo dia.



FIGURA 1 – Localização das escolas no 1º dia. Fonte: Autores com o auxílio do Google Maps (2018).

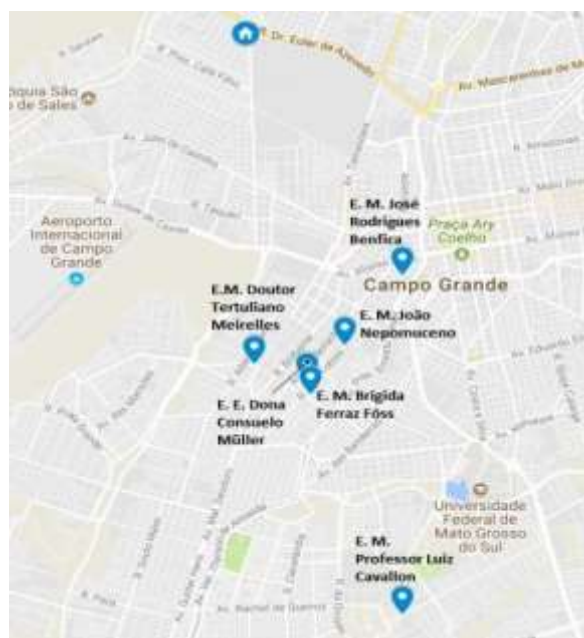


FIGURA 2 – Localização das escolas no 2º dia. Fonte: Autores com o auxílio do Google Maps (2018).

3.1. Formulação matemática

O Problema do Caixeiro Viajante é uma das muitas formulações matemáticas existentes para resolver problemas de programação dinâmica.

De acordo com Arenales, Armentano, Morabito e Yanesse (2007), e aplicando ao problema analisado, considere um grafo $G = (N, E)$, no qual N é o conjunto de nós que representa as n escolas e, E descreve o conjunto de arcos entre essas. Ao supor que G é um grafo completo, para qualquer par desses locais $i, j \in N$, em que $i \neq j$, existe um arco (i, j) .

Dessa forma, para um arco $(i, j) \in E$, a distância entre uma escola i e uma escola j é c_{ij} . O objetivo é determinar a rota de distância mínima, passando por cada colégio apenas uma vez e retornando ao local de origem - casa de Roberta - ao final do trajeto.

Uma formulação possível para o problema é a de Dantzig, Fulkerson e Johnson, relatada em Goldbarg e Luna (2000):

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

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (4)$$

FIGURA 3 – Formulação matemática. Fonte: Autores (2018).

Onde:

Se $x_{ij} = 1$, o trajeto escolhido é de i para j .

Se $x_{ij} = 0$, ocorre o contrário.

S : é um subgrafo de G .

$|S|$: números de vértices do subgrafo S .

A restrição (1) representa que o fluxo de saída de cada ponto i é igual a 1. A restrição em (2) representa que o fluxo de chegada em cada ponto j é igual a 1. As restrições que impõem a

eliminação de circuitos pré-hamiltonianos, são indicadas em (3). E a restrição definida em (4) diz que as variáveis são binárias, ou seja, podem assumir apenas valores de 0 ou 1.

4. Métodos de resolução

4.1. Análise da rota do primeiro dia de coleta dos pagamentos

O modelo de otimização das rotas realizadas pela microempreendedora foi formulado matematicamente e resolvido pela ferramenta Solver do Microsoft Excel. Essa modelagem matemática fundamenta-se na criação de uma função objetivo e de restrições, como mostrado a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 2,4x_{01} + 2,3x_{02} + 7,6x_{03} + 5,1x_{04} + 9,3x_{05} + 2,4x_{10} + 2,8x_{12} + 9,6x_{13} + 7,2x_{14} + 11,3x_{15} + 2,2x_{20} + \\ & 3,1x_{21} + 7,3x_{23} + 6,1x_{24} + 9,8x_{25} + 7,5x_{30} + 9,4x_{31} + 7,6x_{32} + 2,9x_{34} + 2,5x_{35} + 5,2x_{40} + 7,1x_{41} + 5,8x_{42} + 2,9x_{43} \\ & + 4,6x_{45} + 9,9x_{50} + 11,8x_{51} + 11,4x_{52} + 2,5x_{53} + 5,3x_{54} \end{aligned}$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=0}^5 x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j=0}^5 x_{ij} = 1$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

FIGURA 4 – Restrições do problema. Fonte: Autores (2018).

Para a resolução no Microsoft Excel é necessária a montagem de uma matriz com as distâncias mínimas entre os locais visitados. Como é mostrado a seguir, a TABELA 1:

TABELA 1 – Distância entre os pontos de coleta.

LOCAIS	0	1	2	3	4	5
0		2,4	2,3	7,6	5,1	9,3
1	2,4		2,8	9,6	7,2	11,3
2	2,2	3,1		7,3	6,1	9,8
3	7,5	9,4	7,6		2,9	2,5
4	5,2	7,1	5,8	2,9		4,6
5	9,9	11,8	11,4	2,5	5,3	

Fonte: Autores (2018).

Para facilitar a resolução e o acompanhamento do problema em análise, os pontos de coleta foram enumerados de 0 a 5 de acordo com a legenda mostrada na FIGURA 5:

LEGENDA (PRIMEIRO DIA):

- 0: Casa da microempreendedora (origem);
- 1: E. E. Sebastião Santana Oliveira;
- 2: E. M. Professora Elizabel Maria Gomes Salles;
- 3: SEMED;
- 4: E. M. Etalívio Pereira Martins;
- 5: E. M. Professor Danda Nunes.

FIGURA 5 – Legenda dos locais visitados no primeiro dia. Fonte: Autores (2018).

Posteriormente, são criadas mais três tabelas auxiliares:

- TABELA 2 - Das variáveis que definirão a rota. Apresenta apenas valores binários e, a soma de cada linha e coluna deve igualar-se a 1. Esta não se encontra no texto.
- TABELA 3 - Similar à TABELA 2, porém com a mudança de algumas fórmulas: o cálculo “SOMA DA COLUNA – SOMA DA LINHA” deve ser apresentado referente a cada coluna/local, como representado a seguir:

TABELA 3 – Similar a TABELA 2 com mudanças de fórmulas.

LOCAIS	0	1	2	3	4	5	ROTA
0							0,00
1							0,00
2							0,00
3							0,00
4							0,00
5							0,00
ROTA	=SOMA(U12:U17)-SOMA(U12:Z12)					0	0

Fonte: Autores (2018).

- TABELA 4 – Apresenta o cálculo dos valores da TABELA 2 multiplicados pelo máximo valor entre os que representam os pontos de coleta. Esta não se encontra no texto.

A função objetivo é encontrada com a utilização do comando “SOMARPRODUTO” do Excel, que multiplica e soma a TABELA 1 da distância mínima entre os pontos de coleta, com a TABELA 2 da definição da rota.

Aplica-se então o Solver, com a modelagem representada na FIGURA 6:

FIGURA 6 – Modelagem do Solver. Fonte: Autores (2018).

Dessa forma, as matrizes do Caixeiro Viajante são mostradas a seguir:

TABELA 1						
LOCAIS	0	1	2	3	4	5
0		2,4	1,3	7,8	5,1	9,3
1	2,4		3,8	9,6	7,2	11,3
2	2,2	5,1		7,3	6,1	9,8
3	7,5	9,4	7,6		3,9	2,5
4	5,2	7,1	5,8	2,9		4,6
5	9,9	11,8	11,4	2,5	5,5	

TABELA 2						
LOCAIS	0	1	2	3	4	5
0		0	0	0	1	0
1	1		0	0	0	0
2	0	1		0	0	0
3	0	0	1		0	0
4	0	0	0	0		1
5	0	0	0	1	0	
ROTA	1	1	1	1	1	1

TABELA 3						
LOCAIS	0	1	2	3	4	5
0		0	0	0	6	0
1	1		0	0	0	0
2	0	2		0	0	0
3	0	0	3		0	0
4	0	0	0	0		5
5	0	0	0	4	0	
ROTA	1	2	3	4	6	5

TABELA 4						
LOCAIS	0	1	2	3	4	5
0		0	0	0	6	0
1	6		0	0	0	0
2	0	6		0	0	0
3	0	0	8		0	0
4	0	0	0	0		6
5	0	0	0	6	0	

TABELA 5						
LOCAIS	0	1	2	3	4	5
0		0	0	0	6	0
1	1		0	0	0	0
2	0	2		0	0	0
3	0	0	3		0	0
4	0	0	0	0		5
5	0	0	0	4	0	
ROTA	1	2	3	4	6	5

Menor Distância	25,3
Rota	0 - 1 - 2 - 3 - 5 - 4 - 0

FIGURA 7 – Resolução da melhor rota para o primeiro dia. Fonte: Autores (2018).

4.2. Análise da rota do segundo dia de coleta dos pagamentos

Para encontrar a rota de menor distância necessária ao segundo dia de coleta dos pagamentos, são seguidos os mesmos passos previamente explicados. Apresentando-os ajustados aos novos dados e de forma mais sucinta. Então, para resolução do problema, a modelagem apresenta-se como mostrado a seguir:

$$\text{Min } Z = 6,1x_{01} + 13,1x_{02} + 7,1x_{03} + 8,3x_{04} + 8,1x_{05} + 7,0x_{06} + 6,1x_{10} + 7,3x_{12} + 1,6x_{13} + 2,7x_{14} + 2,6x_{15} + 3,7x_{16} + 13,1x_{20} + 7,3x_{21} + 6,6x_{23} + 5,5x_{24} + 5,8x_{25} + 7,3x_{26} + 7,1x_{30} + 1,6x_{31} + 6,6x_{32} + 1,1x_{34} + 1,0x_{35}$$

$$+ 2,4x_{36} + 8,3x_{40} + 2,7x_{41} + 5,5x_{42} + 1,1x_{43} + 0,3x_{45} + 1,3x_{46} + 8,1x_{50} + 2,6x_{51} + 5,8x_{52} + 1,0x_{53} + 0,3x_{54} + 1,3x_{56} \\ + 7,0x_{60} + 3,7x_{61} + 7,1x_{62} + 2,4x_{63} + 1,5x_{64} + 1,4x_{65}$$

As restrições são as mesmas utilizadas na resolução da rota do primeiro dia de coleta, assim como as tabelas, que seguem o mesmo raciocínio, porém adaptadas com as diferentes distâncias.

Dessa forma, uma matriz (TABELA 5) representa a distância mínima entre os locais de coleta, acompanhada de sua legenda (FIGURA 8) para o entendimento do problema:

TABELA 5 – Distância entre os pontos de coleta.

LOCAIS	0	1	2	3	4	5	6
0		6,1	13,1	7,1	8,3	8,1	7,0
1	6,1		7,3	1,6	2,7	2,6	3,7
2	13,1	7,3		6,6	5,5	5,8	7,3
3	7,1	1,6	6,6		1,1	1,0	2,4
4	8,3	2,7	5,5	1,1		0,3	1,3
5	8,1	2,6	5,8	1,0	0,3		1,3
6	7,0	3,7	7,1	2,4	1,5	1,4	

Fonte: Autores (2018).

LEGENDA (SEGUNDO DIA):

0: Casa da microempreendedora (origem);
1: E. M. José Rodrigues Benfica;
2: E. M. Professor Luiz Cavallon;
3: E. M. João Nepomuceno;
4: E. M. Brígida Ferraz Fóss;
5: E. E. Dona Consuelo Müller;
6: E.M. Doutor Tertuliano Meirelles.

FIGURA 8 - Legenda dos locais visitados no segundo dia. Fonte: Autores (2018).

Após refazer todos os passos anteriormente citados – análise da rota no primeiro dia - os resultados de menor distância do percurso do segundo dia são apresentados na FIGURA 9.

TABELA 1							
LOCAIS	0	1	2	3	4	5	6
0		6,1	13,1	7,1	8,3	8,1	7,0
1	6,1		7,3	1,6	2,7	2,6	3,7
2	13,1	7,3		6,6	5,5	5,8	7,3
3	7,1	1,6	6,6		1,1	1,0	2,4
4	8,3	2,7	5,5	1,1		0,3	1,3
5	8,1	2,6	5,8	1,0	0,3		1,3
6	7,0	3,7	7,1	2,4	1,5	1,4	

TABELA 2							
LOCAIS	0	1	2	3	4	5	6
0		1	0	0	0	0	0,0
1	0		0	1	0	0	0
2	0	0		0	1	0	0
3	0	0	0		0	1,0	0
4	0	0	0	0		0	1
5	0	0	1	0,0	0		0
6	1,0	0	0	0	0	0	
ROTA	1	1	1	1	1	1	1

TABELA 3							
LOCAIS	0	1	2	3	4	5	6
0		6	0	0	0	0	0,0
1	0		0	5	0	0	0
2	0	0		0	2	0	0
3	0	0	0		0	4,0	0
4	0	0	0	0		0	1
5	0	0	1	0,0	0		0
6	0,0	0	0	0	0	0	
ROTA	0	6	3	5	2	4	1
FLUID	6	1	1	1	1	1	1

TABELA 4							
LOCAIS	0	1	2	3	4	5	6
0		7	0	0	0	0	0
1	0		0	7	0	0	0
2	0	0		0	7	0	0
3	0	0	0		0	7	0
4	0	0	0	0		0	7
5	0	0	7	0	0		0
6	7	0	0	0	0	0	

TABELA 5							
LOCAIS	0	1	2	3	4	5	6
0		6	0	0	0	0	0,0
1	0		0	5	0	0	0
2	0	0		0	2	0	0
3	0	0	0		0	4,0	0
4	0	0	0	0		0	1
5	0	0	1	0,0	0		0
6	0,0	0	0	0	0	0	
ROTA	0	6	3	5	2	4	1
FLUID	6	1	1	1	1	1	1

Menor Distância	28,3
Rota	0-6-4-2-5-3-1-0

FIGURA 9 – Resolução da melhor rota para o segundo dia. Fonte: Autores (2018).

5. Resultados

Com a análise da melhor rota - com menor distância para otimizar o trabalho da microempreendedora – e o auxílio do Solver, temos que as melhores rotas a serem realizadas para o 1º e 2º dias são, respectivamente:

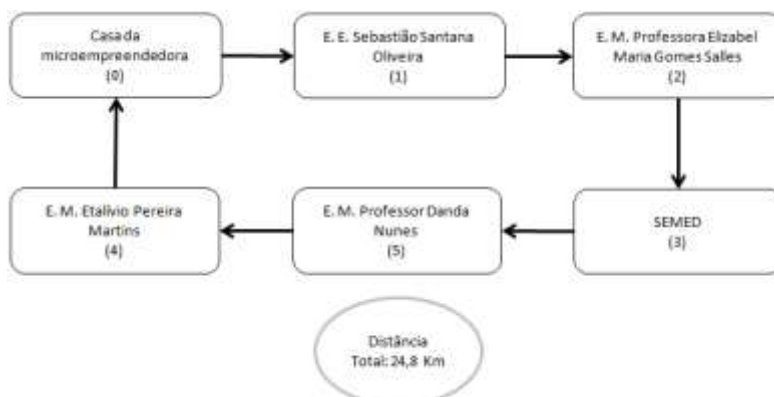


FIGURA 10 – Rota a ser realizada no primeiro dia. Fonte: Autores (2018).

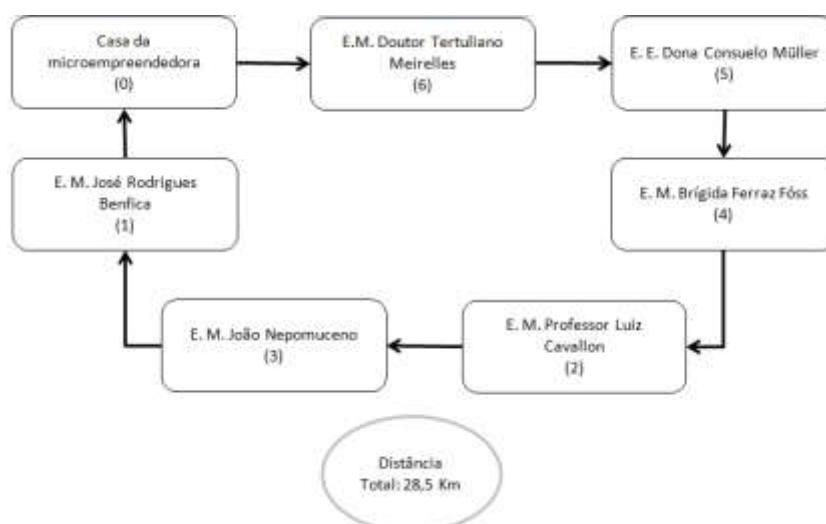


FIGURA 11 – Rota a ser realizada no segundo dia. Fonte: Autores (2018).

Diante disso, com as novas rotas estabelecidas, é possível comparar a distância inicial percorrida pela microempreendedora, com o novo roteiro fornecido pelo Solver, já otimizado. A TABELA 6 demonstra os valores atuais comparados aos valores otimizados com o Caixeiro Viajante:

TABELA 6 - Comparação entre distancias atuais e otimizadas.

	Distância sem Otimização (km)	Distância Otimizada (km)	Diferença (km)
1º DIA	27,9	25,3	2,6
2º DIA	32,3	28,3	4

Fonte: Autores (2018).

A soma das distâncias atuais utilizadas implica em 60,2 km em uma semana e o somatório da rota otimizada é 53,6 km, ou seja, menos 6,6 km no percurso semanal, equivalendo a 10,96% de redução da quilometragem inicial. Ao ano pode-se afirmar uma redução de 79,2 km.

Considerando o preço mais baixo do combustível (gasolina) utilizado no veículo na cidade que é de R\$ 4,039 e que o consumo do carro é de 10 km/l, é possível observar que no percurso semanal (6,6 km de redução) há uma economia de 0,66 litros de gasolina, que multiplicado pelo preço do litro do combustível obtém-se uma economia de R\$ 2,67 em uma semana de trabalho, uma diferença pequena, porém significativa para quem está alavancando seu negócio.

6. Considerações finais

Este artigo teve como objetivo resolver a problemática das rotas de trabalho de uma microempreendedora individual, onde não existia embasamento para a escolha do percurso, sendo algo totalmente empírico. Com o PCV foi possível traçar o trajeto ótimo para duas viagens semanais de recebimento dos pagamentos. Estabelecendo o melhor caminho, pode-se eliminar erros que resultam no aumento do consumo de combustível para o transporte e também faz com que a motorista passe menos tempo dirigindo.

Poder comparar metodologias foi de suma importância na realização deste trabalho, pois a empreendedora não tinha nenhum método eficaz para seu caminho semanal e, com a sistematização a melhoria já pode e deve ser sentida nas próximas viagens. Por conseguinte, tem-se uma redução na utilização de recursos humanos e financeiros, o que pode ajudar no aumento da produtividade e em um futuro próximo contribuir na expansão do negócio. Em um ano de trabalho, considerando o valor do combustível (gasolina) como constante pode-se obter uma economia de R\$ 32,04 com a nova rota, valor esse que alivia outros setores da empresa, ajuda na quitação de alguma dívida ou algo do tipo, possibilitando uma maior estabilidade.

Deve-se salientar também que essa área é a primeira em muitas outras da pesquisa operacional que pode ser utilizada para a melhoria contínua da empresa. Ademais, neste estudo foi possível assimilar a teoria com a prática, sendo possível resolver problemas reais com ferramentas aprendidas na sala de aula. Uma sugestão para próximas ocasiões é trabalhar o roteamento com dois veículos, sendo assim o modelo definiria a divisão das escolas e no

fim dos cálculos apenas um carro apenas faria o trajeto para os dois dias de trabalho enquanto a frota de veículos não cresça.

Referências

ARENALES, M.; ARMAMENTO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CAMPELLO, R.E.; MACULAN, N. **Algoritmos e heurísticas: desenvolvimento e avaliação de performance**. Niterói, Rio de Janeiro: EDUFF, 1994.

FAGUNDES, R. **O perfil do microempreendedor individual no Brasil**. 2014. Disponível em <<https://www.administradores.com.br/artigos/negocios/o-perfil-do-microempreendedor-individual-no-brasil/81120/>>. Acesso em 28 de maio de 2018.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, RJ: Campus, 2005.

MARINS, F.A.S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.

SIQUEIRA, P.H. **Uma nova abordagem para a resolução do problema do caixeiro viajante utilizando redes neurais**. Curitiba, 2007. Disponível em <http://www.academia.edu/433329/Uma_Nova_Abordagem_Para_a_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Do_Problema_Do_Caixeiro_Viajante_Utilizando_Redes_Neura>. Acesso em 20 de abril de 2018.

SOUTO-MAIOR, C.D. **Pesquisa Operacional**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2014.