

APLICAÇÃO DO PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE NA OTIMIZAÇÃO DE ROTAS EM UMA EMPRESA PRODUTORA DE ORGÂNICOS

¹Lais Brenda de Oliveira Lima; ¹laais.limab@gmail.com; ¹Universidade Federal do Mato Grosso do Sul;
²Luiza Abreu Medeiros; ²amedeirosluiza@gmail.com; ² Universidade Federal do Mato Grosso do Sul;
³Carolina Lino Martins; carolina.lino@ufms.br; ³Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

RESUMO: *Este artigo apresenta um estudo de caso prático, que tem por objetivo a otimização da rota realizada diariamente pela frota de uma empresa produtora de orgânicos localizada em Campo Grande – MS. Para a modelagem matemática foi utilizado o Problema do Caixeiro Viajante Clássico, e o Solver do Excel como ferramenta de resolução da problemática, tornando possível traçar uma rota ideal, ou seja, um menor caminho saindo e retornando a origem, passando apenas uma vez em cada ponto de entrega. Por fim, foi feita a comparação do valor da rota realizada com a rota otimizada, a qual demonstrou uma economia expressiva de mais de três mil reais ao ano para a empresa.*

PALAVRAS-CHAVE: *Problema do Caixeiro Viajante (PCV); Otimização de Rotas; Pesquisa Operacional; Agricultura Orgânica.*

ABSTRACT: *This work presents a practical case study, whose objective is to optimize the route performed daily by the fleet of an organic production company located in Campo Grande - MS. For the mathematical modeling, it was used the Traveling Salesman Problem, and the Excel Solver as a tool to solve the problem, making it possible to draw an ideal route, that is, a smaller path leaving and returning the origin, passing only once in each point of delivery. Finally, a value route comparison was made with the optimized route, which, showed a significant saving of more than three thousand reais a year for the company.*

KEYWORDS: *Traveling Salesman Problem (PCV); Optimization of Routes; Operational Research; Organic Agriculture.*

1. Introdução

A agricultura orgânica no Brasil está cada vez mais crescente e consolidada. Esta prática agrícola preocupa-se com a sustentabilidade, saúde das pessoas, dos animais, das plantas e do solo. Segundo projeção do Conselho Nacional da Produção Orgânica e Sustentável (HARTMANN, 2017), o cenário atual é favorável para o ramo. Estima-se que 15% da população urbana comprou algum produto orgânico no último mês. Ainda segundo Hartmann (2017), a principal motivação para o consumo de orgânicos é que as pessoas estão cada vez mais preocupadas com a sustentabilidade e alimentação mais saudável - e estão dispostas a pagar mais por isso.

De acordo com dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário (2017), a produção de orgânicos no país cresce cerca de mais de 20% ao ano. Entretanto, esse crescimento não acompanha a demanda do mercado, a qual é maior do que a oferta. Tal demanda normalmente era atendida pela agricultura familiar, porém esta não conseguia abastecer pontos de vendas maiores - como mercados e empórios especializados - apenas feiras e vendas diretas. Nesse

contexto, nota-se a importância do papel do gestor na tomada de decisões e suas implicações, assim como de técnicas e ferramentas eficazes para auxiliar nesses processos.

Com isso, a Pesquisa Operacional é uma aliada para resolução de problemas de forma científica, de forma que minimiza os riscos e maximiza os ganhos. A roteirização por meio de métodos da Pesquisa Operacional é capaz de otimizar o caminho entre a origem e os pontos de abastecimento, o que aumentaria a eficiência, facilitaria as entregas e além disso reduziria o custo.

O objeto de estudo foi uma fazenda produtora de orgânicos localizada em Campo Grande - Mato Grosso do Sul. Tal empresa está em processo de adequação à crescente demanda desses produtos. Com isso, o objetivo deste estudo foi estabelecer uma roteirização das entregas aos postos de vendas e mercados, de forma que o entregador não precise traçar o trajeto empiricamente.

Por meio do Problema do Caixeiro Viajante analisou-se as rotas de entrega da fazenda aos seus diversos postos de vendas, a fim de otimizar a rota de distribuição, ou seja, minimizar os caminhos percorridos na entrega dos produtos. De tal modo, relacionou-se os resultados encontrados com a rota atual da empresa, a fim de se obter uma análise dos dois cenários; real e otimizado.

2. Referencial teórico

Para Martins (2011), um gestor diariamente se depara com situações onde deverá tomar algum tipo de decisão. De fato, o processo de tomada de decisão é uma tarefa básica da gestão, em vários níveis. Segundo Morabito (2008), a pesquisa operacional surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade dos militares de alocar de forma eficiente recursos escassos. A SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional) define a pesquisa operacional como uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais, que aplica conceitos e métodos de outras áreas específicas para auxiliar na tomada de decisão (SOBRAPO, 2016).

Leigus (2009) ressalta que existem diversas técnicas de Pesquisa Operacional disponíveis as quais são aplicadas de acordo com a particularidade de cada caso. Algumas destas técnicas

são: Análise de decisão, Simulação, PERT/CPM, Teoria das filas, Scheduling e Programação Linear. Neste último caso, destacam-se os problemas de roteirização.

Para Christofides (1985), problemas de roteirização são problemas no qual existem um deslocamento da origem até os destinos, que possuem demandas conhecidas e estão geometricamente dispersos. Além disso, esse tipo de problema conta com diversas restrições relacionadas a capacidade, demanda, tempo e outros, considerando a variedade de eventos práticos que dão origem aos problemas de roteirização, podendo-se destacar o problema do Caixeiro Viajante.

Para Bodin (1983), o Problema de Caixeiro Viajante (PCV) tem o objetivo de determinar o melhor trajeto com o menor custo associado, podendo ser tanto menor distância, menor valor monetário ou até menor tempo. A restrição é permitir ao caixeiro viajante visitar todos os destinos de uma rede, passando apenas uma vez em cada. Além disso ele deve voltar ao seu ponto de origem no final da trajetória. Tudo isso, sabendo a demanda exata de cada destino e sem restrição de capacidade.

Sendo o Problema do Caixeiro Viajante da categoria conhecida como NP-difícil (NPhard), Cunha (2000) estabelece que esses tipos de problemas possuem ordem de complexidade exponencial. Sendo assim, o processo de resolução computacional aumenta exponencialmente com o tamanho do problema, por isso é necessário a utilização da ferramenta Open Solver, que permite um número maior de nós nos problemas.

2.1 Formulação matemática

O Problema do Caixeiro viajante é um dos mais utilizados e um clássico dentro dos estudos da Pesquisa Operacional. Existem várias dinâmicas diferentes para a resolução desse tipo de problema, em nosso estudo de caso usaremos como base as formulações matemáticas encontradas em Goldberg e Luna (2000) em seu livro sobre Otimização Combinatória e Programação Linear.

Considerando-se o grafo $G(N,A)$ ilustrado na Figura 1, onde N é o conjunto de nós de G , que representam os pontos de entrega e A o conjunto dos arcos de G , que corresponde a distância entre dois pontos. O objetivo é estabelecer uma rota que inicie e termine em “O”, passando

apenas uma vez em cada ponto.

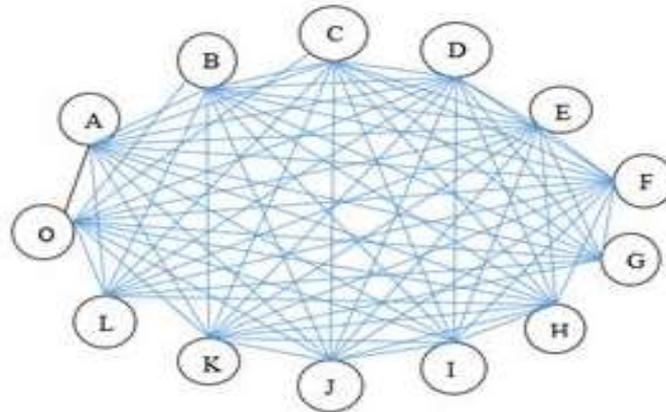


FIGURA 1 - Grafo do problema. Fonte: Os autores (2018).

Logo, o modelo do problema é dado por:

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

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad \text{Eq. 1}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad \text{Eq. 2}$$

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

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i,j \in N \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

c_{ij} : distância de ir do ponto i ao ponto j .

$x_{ij} = 1$, se arco $(i, j) \in A$, ou seja, for escolhido o caminho do ponto i até o ponto j para integrar a solução.

$x_{ij} = 0$, caso contrário;

S : é um subgrafo de G .

S : números de vértices do subgrafo S .

Para a resolução de um problema de Caixeiro Viajante precisa-se impor alguns tipos de restrições, as quais vão garantir a resolução mais fiel possível. Para isso considera-se que cada ponto seja visitado apenas uma vez e que nenhum ponto possa chegar e sair de si mesmo, logo, não existe xii. Ainda assim, assume-se que as variáveis são binárias; podem assumir

apenas os valores 0 e 1 (Eq. 4). Existem duas restrições (Eq. 1, Eq. 2) que determinam que o fluxo de chegada e saída é 1. Além disso, precisamos de uma restrição que elimine os subciclos (Eq. 3).

3. Metodologia

A empresa produtora de orgânicos possui cerca de 8 mil metros quadrados de área protegida e planta cerca de 20 tipos de produtos. Atualmente a Terra Benta conta com 04 sócios, 02 funcionários no setor administrativo, 06 no plantio e tarefas gerais, 01 técnico-agrícola e 01 entregador. Com mais de 20 pontos de vendas espalhados por Campo Grande – MS, a empresa é responsável por todas as suas entregas. Entretanto, apenas 12 desses pontos realizam pedidos diários, de segunda a sábado, sendo eles: Comper Tamandaré (A), Comper 13 de Maio (B), Comper Joaquim Murtinho (C), Comper Rui Barbosa (D), Veratti Julho de Castilho (E), Comper Brilhante (F), Comper Spipe Calarge (G), Veratti Bom Pastor (H), Vida Verde (I), Veratti Chácara Cachoeira (J), Mercado Campos (K), Hortifruti Empório (L), e a fazenda como sendo a origem (O).

Denominou-se o caminho de entrega entre estes pontos de “rota fixa”, o qual será nosso objeto de estudo. Os demais clientes ou pontos de venda não farão parte do estudo, pois possuem demandas esporádicas. Para a avaliação do roteiro das entregas da rota fixa, utilizou-se o software gratuito Google Earth, o qual disponibilizou-se as distâncias e as possíveis rotas entre os pontos de entrega, presentes na Figura 1.

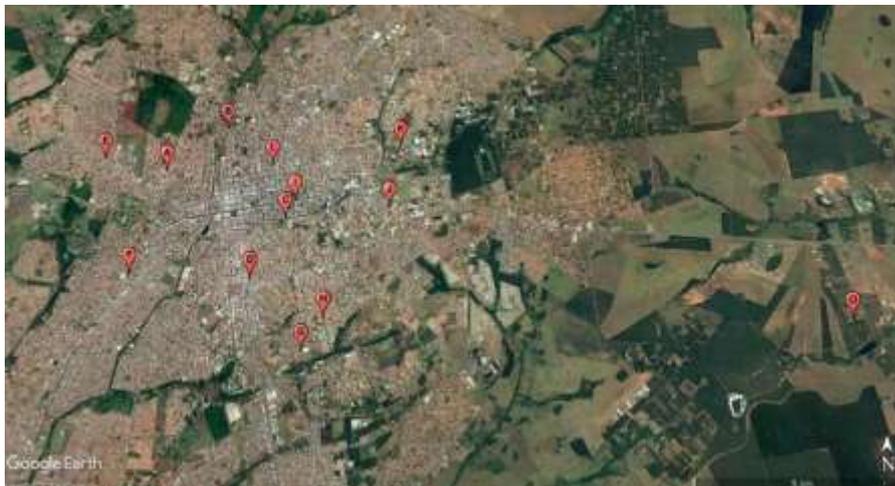


FIGURA 2 - Mapa dos pontos de entrega. Fonte: Os autores (2018).

Segundo perfil socioeconômico disponibilizado pelo SISGRAN - Sistema Municipal de Indicadores Georreferenciados para o Planejamento e a Gestão de Campo Grande/MS, foi possível constatar que os pontos de venda se localizam em regiões com maior poder aquisitivo, ou seja, de dois a cinco salários mínimos. Os produtos orgânicos possuem um valor mais elevado que os produtos convencionais, pois a sua produção é diferenciada e requer vários outros custos.

A frota é composta por um caminhão leve Hyundai HR, o qual possui dois eixos, capacidade útil de carga de 1.800 kg, além do tanque de combustível de 65 litros de gasolina. Tais dados foram estipulados pelo fabricante. O custo estimado da rota estudada é de R\$ 40,2 por dia, considerando a quilometragem rodada pelo motorista diariamente e o valor médio da gasolina (quilometragem x valor médio da gasolina). Este presente estudo de caso tem o objetivo definir qual seria a melhor rota a ser executada pelo entregador da empresa, otimizando os custos de transporte.

4. Métodos de resolução

O problema estudado foi transposto em um modelo matemático e para resolução utilizou-se a ferramenta Solver do Excel. Inicialmente, foi feita uma matriz com as relações de distâncias entre os pontos, que foram obtidos com o auxílio do Google Maps e estão presentes na Tabela 1. O ponto O representa a origem, neste caso, a fazenda. Os pontos de destino, no caso os postos de venda, foram denominados de A até L.

TABELA 1 - Distâncias entre as rotas.

	O	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
O		21,2	20,8	16,6	17,8	22,6	21,4	19,4	17,2	16,8	14,3	16,5	18,2
A	21,2		2,7	4,6	5,2	2	3,2	9,1	7,6	4,7	7,6	7	3,7
B	20,8	2,7		10	4,4	4,6	6	6,9	6,8	3,7	6,7	6	2,2
C	16,6	4,6	10		2,3	5,9	5,1	3,9	3,5	0,7	2,9	4,4	1,9
D	17,8	5,2	4,4	2,3		6,3	3,9	3	3,1	3,1	5	6,5	3,8
E	22,6	2	4,6	5,9	6,3		4,7	10,6	9,2	6,7	9,7	9,1	5,7
F	21,4	3,2	6	5,1	3,9	4,7		7,4	8,2	5,2	8,2	8,9	5,8
G	19,4	9,1	6,9	3,9	3	10,6	7,4		1,3	4,2	6,8	7,9	5,7
H	17,2	7,6	6,8	3,5	3,1	9,2	8,2	1,3		3,7	4,4	6,4	5,1
I	16,8	4,7	3,7	0,7	3,1	6,7	5,2	4,2	3,7		3	8	2
J	14,3	7,6	6,7	2,9	5	9,7	8,2	6,8	4,4	3		2,6	4,5
K	16,5	7	6	4,4	6,5	9,1	8,9	7,9	6,4	8	2,6		4
L	18,2	3,7	2,2	1,9	3,8	5,7	5,8	5,7	5,1	2	4,5	4	

Fonte: Os autores (2018).

Seguindo o modelo de Goldbarb e Luna (2000), a estratégia de resolução consiste em inserir apenas as restrições mencionadas por (1), (2) e (4) para a execução do programa. Em seguida, segue-se com os procedimentos para a resolução do problema no Solver.

A modelagem matemática do problema se dá pelas equações 5 a 9:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 21,2x_{OA} + 20,8x_{OB} + 16,6x_{OC} + 17,8x_{OD} + 22,6x_{OE} + 21,4x_{OF} + 19,4x_{OG} + \\ & 17,2x_{OH} + 16,8x_{OI} + 14,3x_{OJ} + 16,5x_{OK} + 18,2x_{OL} + 21,2x_{AO} + 2,7x_{AB} + 4,6x_{AC} + \\ & 5,2x_{AD} + 2x_{AE} + 3,2x_{AF} + 9,1x_{AG} + 7,6x_{AH} + 4,7x_{AI} + 7,6x_{AJ} + 7x_{AK} + 3,7x_{AL} + \\ & 20,8x_{BO} + 2,7x_{BA} + 10x_{BC} + 4,4x_{BD} + 4,6x_{BE} + 6x_{BF} + 6,9x_{BG} + 6,8x_{BH} + 3,7x_{BI} + \\ & 6,7x_{BJ} + 6x_{BK} + 2,2x_{BL} + 16,6x_{CO} + 4,6x_{CA} + 10x_{CB} + 2,3x_{CD} + 5,9x_{CE} + 5,1x_{CF} + \\ & 3,9x_{CG} + 3,5x_{CH} + 0,7x_{CI} + 2,9x_{CJ} + 4,4x_{CK} + 1,9x_{CL} + 17,8x_{DO} + 5,2x_{DA} + 4,4x_{DB} + \\ & 2,3x_{DC} + 6,3x_{DE} + 3,9x_{DF} + 3x_{DG} + 3,1x_{DH} + 3,1x_{DI} + 5x_{DJ} + 6,5x_{DK} + 3,8x_{DL} + \\ & 22,6x_{EO} + 2x_{EA} + 4,6x_{EB} + 5,9x_{EC} + 6,3x_{ED} + 4,7x_{EF} + 10,6x_{EG} + 9,2x_{EH} + 6,7x_{EI} + \\ & 9,7x_{EJ} + 9,1x_{EK} + 5,7x_{EL} + 21,4x_{FO} + 3,2x_{FA} + 6x_{FB} + 5,1x_{FC} + 3,9x_{FD} + 4,7x_{FE} + \\ & 7,4x_{FG} + 8,2x_{FH} + 5,2x_{FI} + 8,2x_{FJ} + 8,9x_{FK} + 5,8x_{FL} + 19,4x_{GO} + 9,1x_{GA} + 6,9x_{GB} + \\ & 3,9x_{GC} + 3x_{GD} + 10,6x_{GE} + 7,4x_{GF} + 1,3x_{GH} + 4,2x_{GI} + 6,8x_{GJ} + 7,9x_{GK} + 5,7x_{GL} + \\ & 17,2x_{HO} + 7,6x_{HA} + 6,8x_{HB} + 3,5x_{HC} + 3,1x_{HD} + 9,2x_{HE} + 9,2x_{HF} + 1,3x_{HG} + 3,7x_{HI} + \\ & 4,4x_{HJ} + 6,4x_{HK} + 5,1x_{HL} + 16,8x_{IO} + 4,7x_{IA} + 3,7x_{IB} + 0,7x_{IC} + 3,1x_{ID} + 6,7x_{IE} + \\ & 5,2x_{IF} + 4,2x_{IG} + 3,7x_{IH} + 3x_{IJ} + 8x_{IK} + 2x_{IL} + 14,3x_{JO} + 7,6x_{JA} + 6,7x_{JB} + 2,9x_{JC} + \\ & 5x_{JD} + 9,7x_{JE} + 8,2x_{JF} + 6,8x_{JG} + 4,4x_{JH} + 3x_{JI} + 2,6x_{JK} + 4,5x_{JL} + 16,5x_{KO} + 7x_{KA} + \\ & 6x_{KB} + 4,4x_{KC} + 6,5x_{KD} + 9,1x_{KE} + 8,9x_{KF} + 7,9x_{KG} + 6,4x_{KH} + 8x_{KI} + 2,6x_{KJ} + \\ & 4x_{KL} + 18,2x_{LO} + 3,7x_{LA} + 2,2x_{LB} + 1,9x_{LC} + 3,8x_{LD} + 5,7x_{LE} + 5,8x_{LF} + 5,7x_{LG} + \\ & 5,1x_{LH} + 2x_{LI} + 4,5x_{LJ} + 4x_{LK}. \quad (\text{Eq. 5}) \end{aligned}$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{13} x_{ij} = 1 \quad \text{Eq. 6}$$

$$\sum_{j=1}^{13} x_{ij} = 1 \quad \text{Eq. 7}$$

$$\sum_{i, j \in s} x_{ij} \leq |s| - 1 \quad \text{Eq. 8}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \text{Eq. 9}$$

A função objetivo é obtida pela função “SOMAR PRODUTO”, dos valores da Tabela 1, das distâncias, pela Tabela 2, a qual definirá a rota, justificando restrição de binários, onde 1 representa a condição de passar pelo ponto, e 0 não passar. A soma das linhas e colunas sendo igual a 1 determina a passagem por cada ponto apenas uma vez.

TABELA 2 - Rota definida pelo Solver.

	O	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	ROTA
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
D	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
G	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
H	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
I	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
J	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
ROTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fonte: Os autores (2018).

Contudo, para a adequação da modelagem ao Solver, foi preciso algumas tabelas auxiliares, além da tabela das distâncias (Tabela 1) e da rota executada (Tabela 2). Sendo assim, montou-se mais duas tabelas para servir de parâmetro para o solver, a fim de definir limites e delinear a saída (Tabelas 3 e 4) mostradas abaixo.

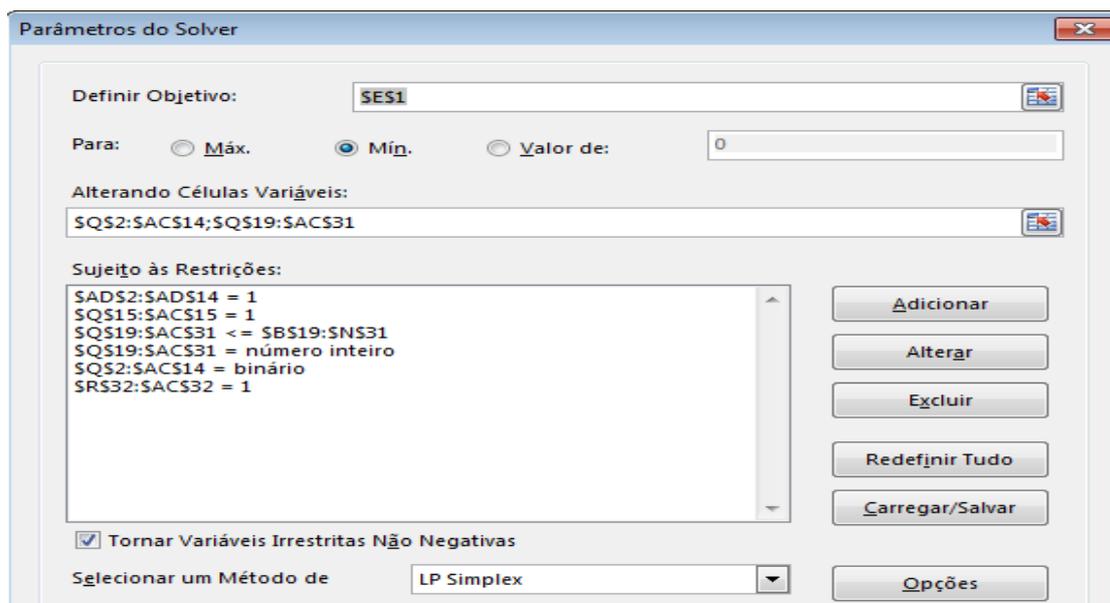


FIGURA 1 - Modelagem do problema no Solver. Fonte: Os autores (2018).

TABELA 3 - Dados auxiliares para resolução no Solver.

	O	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
O	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0
A	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
D	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
E	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
I	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0

Fonte: Os autores (2018).

TABELA 4 – Dados auxiliares para a resolução no Solver.

y	O	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
O	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0
A	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
D	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
E	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0
I	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
ROTA	-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Os autores (2018).

Por fim, a função objetivo com a distância otimizada em Km.

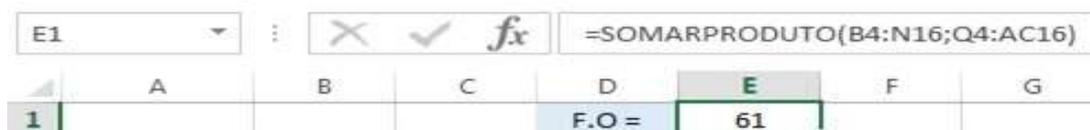


FIGURA 4 - Função objetivo encontrada pelo Solver. Fonte: Autores (2018).

5. Resultados

Após a resolução do problema apresentado usando como ferramenta o Solver, conclui-se que a melhor rota a ser realizada é O-J-K-C-I-L-B-A-E-F-D-G-H-O, como mostra a figura 5.

Constatou-se que existe uma diferença significativa entre a rota realizada pela empresa e a

rota ideal encontrada, de acordo com a Tabela 5.



FIGURA 5 – Rota otimizada. Fonte: Os autores (2018).

TABELA 5 – Comparativo das distâncias com e sem otimização.

Distância sem otimização (Km)	Distância com otimização (Km)	Diferença (Km)
80	61	19

Fonte: Os autores (2018).

Considerando que todos os dias a empresa realiza uma rota fixa estipulamos o preço diário da entrega com base na quilometragem rodada, consumo do veículo e valor médio da gasolina. Com isso chegou-se na tabela 6, a qual relaciona o valor em R\$ com a quilometragem (Km).

TABELA 6 – Comparação de custos.

Custo da entrega por dia (sem otimização)	Custo da entrega por dia (com otimização)
R\$ 40,20	R\$ 30,55

Fonte: Os autores (2018)

Com esses resultados foi possível fazer uma análise rápida que nos garante uma diminuição em 532 km rodados por mês, o que implica numa economia de R\$ 270,00 reais por mês e R\$ 3.242,4 por ano. A empresa não possui nenhuma consultoria na área de logística para estipular sua rota, a mesma foi definida pelo próprio entregador de forma empírica. Com a utilização do problema do caixeiro viajante, ficou evidente a economia que pode ser feita ao utilizar o caminho ideal, uma vez que ao otimizar a distância existe uma diminuição lógica no

custo.

Ainda assim, a empresa pode utilizar o montante economizado para investir em treinamento e qualificação dos seus funcionários.

6. Considerações finais

Neste presente trabalho fez-se um estudo de caso em uma empresa produtora de orgânicos cujo objetivo foi de otimizar a rota de entrega realizada diariamente pelo entregador. Com a aplicação do Problema do Caixeiro Viajante nesta situação real, foi possível aliar a teoria com a prática e apresentar aos proprietários da empresa a problemática e a sua possível solução.

Utilizando a rota ideal que foi apresentada, o custo diário de transporte foi reduzido em 24%, que a longo prazo significará uma economia de mais de R\$ 3.000,00 para a empresa, porém essa economia não é apenas financeira, mas também de tempo e mão de obra. Essa pesquisa pode ser ainda mais útil no futuro, pois será possível criar diferentes rotas que abordem outras restrições, como de horário e de prioridade de entrega.

Considerando que o transporte representa um custo muito expressivo na produção, é necessário ter cautela na hora de tomar decisões nessa área. Os estudos realizados, que ainda não são tão conhecidos pelos empresários, podem mudar, e muito, as perspectivas de crescimento de vários empreendimentos.

Referências

- BODIN, L.; GOLDEN, B.; ASSAD, A. e BALL, M. (1983) **Routing and Scheduling of Vehicles and Crews - The State of the art**. Computers and Operations Research, v. 10, p.63-211.
- CHRISTOFIDES, N. **The Traveling Salesman Problem. A Guided Tour of Combinatorial Optimization Vehicle routing**, Chichester, England. 1985, p 431-448.
- CUNHA, C.B. **Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais**. Transportes, Rio de Janeiro (2000).
- GOLDBARG, M. C e LUNA, H. P., **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**, 3ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Campus, (2000).

HARTMANN, Michele; LIU, Ming C. **Consumo de produtos orgânicos no Brasil: Primeira pesquisa nacional sobre o consumo de orgânicos**. 2017. Disponível em: <https://www.organicnewsbrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Pesquisa-Consumo-de-Produtos-Org_nicos-no-Brasil-Palestra-07Jun-1.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018.

LEIGUS, Alisson .et al. **Aplicações da Pesquisa Operacional**. III Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. Campo Mourão, 2009.

MARTINS, Paula Salomão. **Estudo da relevância de práticas de inovação: um comparativo universidade-empresa** . 2011. 163 f. Dissertação (Curso de Gestão em Engenharia de produção mecanica)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora- MG, 2011.
Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2011_3_Paula.pdf>. Acesso em: 17 abril. 2018.

Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Mais orgânicos na mesa do brasileiro em 2017**. 2017. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/mais-org%C3%A2nicos-na-mesa-do-brasileiro-em-2017>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

MORABITO, R., “Pesquisa operacional”, em: **Introdução à Engenharia de Produção**, M.Batalha (ed), Editora Campus/Elsevier, ISBN 978-85-352-2330-4, Rio de Janeiro, 157-182, 2008.

SOBRAPO. **O que é pesquisa operacional**. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. 2016.
Disponível em: <<http://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional>>. Acesso em: 27 abril 2018.

SISGRAN. Perfil Socioeconômico de Campo Grande. **Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano**. Campo Grande (2017), ed 24^a. Disponível em: <<http://www.campogrande.ms.gov.br/planurb/wp-content/uploads/sites/18/2018/01/perfil-socioeconomico-2017.pdf>> Acesso em: 19 de abril 2018.