

APLICAÇÃO DO PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE EM UMA EMPRESA DO RAMO ALIMENTÍCIO NA CIDADE CAMPO GRANDE – MS

APPLICATION OF THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM IN A FOOD INDUSTRY COMPANY IN CAMPO GRANDE – MS CITY

Matheus Gomes Pereira; gomesmp15@gmail.com; Universidade Federal de Mato Grosso do sul;
Vinícius Ribeiro; viniciusrbrr@gmail.com; Universidade Federal de Mato Grosso do sul;
Carolina Lino Martins; carolina.lino@ufms.br; Universidade Federal de Mato Grosso do sul;

RESUMO: *Este artigo possui o objetivo de apresentar a aplicação de métodos matemáticos da área de pesquisa operacional a um problema que visa a otimização de rota de uma empresa do ramo alimentício, localizada em Campo Grande-MS, que fornece seu produto em vários pontos distintos da cidade. Para tanto aplica-se o modelo matemático do problema do caixeiro viajante (PCV), sendo analisado o percurso realizado pelo entregador, e em seguida a melhor rota proposta através da aplicação do método, visando a minimização dos possíveis custos oriundos de uma rota mal estruturada. Para a resolução matemática fez-se o uso do software Microsoft Excel e uma extensão de sua ferramenta solver, o “Open Solver”. As técnicas aqui empregadas demonstraram-se relevantes para a pesquisa, tendo em vista a sugestão de uma rota mais econômica do que a atual, podendo ser colocada em prática futuramente, auxiliando a empresa com uma melhor utilização de seus recursos.*

PALAVRAS-CHAVE: *Modelagem matemática; Otimização; Pesquisa Operacional; Problema do Caixeiro viajante; Programação dinâmica.*

ABSTRACT: *This article presents the application of mathematical methods in the operational research area aiming the optimization of the route in a food company, located in Campo Grande - MS, the provide products in several distinct points in the city . Therefore, the mathematical the problem of traveling salesman model is applied, and the route taken by the deliverer is analyzed, followed by the best route proposed through the application of the method, aiming to minimizing possible costs from a poorly structured route . The mathematical resolution was done using Microsoft Excel software and a solver add-on, the "Open Solver". The techniques used have proved to be relevant to the research, in looking for a more economical route than the current one, and can be put into practice in the future, helping the company use the resources more efficiently.*

KEYWORDS: *Dynamic Programming; Mathematical Modeling; Optimization; Operational Research; Traveling Salesman Problem.*

1. Introdução

A distribuição dos produtos é uma atividade essencial para o ramo de distribuidoras, que visam, eminentemente, disponibilizar os itens certos nos lugares requeridos, no momento e nível de serviço desejados, resultando no menor custo possível. (NOVAES, 2007).

Um sistema de distribuição bem definido e estruturado, se torna de extrema importância, para que os custos com transporte sejam reduzidos e esses produtos entregues no menor tempo e distância possíveis, tornando o processo mais eficiente e eficaz.

Com a incorporação de novos contingentes populacionais ao mercado consumidor, a demanda por alimentos cresce cada vez mais no mundo. No Brasil, os estabelecimentos formais que têm como principal atividade a produção no setor de alimentos somam 667,5 mil, representando 19% do total de estabelecimentos em 2011, segundo os dados do Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS/MTE). O setor de alimentos ocupa 13% da mão de obra empregada formalmente no Brasil, além de ser responsável por 9% da massa salarial brasileira.

O setor de alimentação é o que mais cresce no Brasil, aumentando seu faturamento a cada ano, sendo essencial para a economia brasileira. Em 2016 a indústria da alimentação, a qual é composta por produtos alimentares e bebidas, teve uma participação de 10,1% no PIB do país (ABIA 2016).

De acordo com a revista Globo Rural em 2017 o consumo das principais proteínas animais (carnes de aves, bovinos e suínos) previsto para esse ano é de 90 quilos por habitante/ano, segundo os cálculos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), que prevê uma oferta no mercado interno de 18,682 milhões de toneladas de proteína animal.

O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) estima que pode haver um aumento de 2,2% no consumo de carne bovina no Brasil, tendo como base a previsão do Banco Central de que o Produto Interno Bruto (PIB) nacional irá crescer 2,7% neste ano. O grupo financeiro Rabobank vê um potencial de aumento de até 4 quilos per capita no consumo de carne bovina no Brasil nos próximos dois anos.

Dentro desse contexto, tem-se a importância sobre processos de tomada de decisão, no qual se escolhe um plano de ação dentre vários outros, baseando-se em diversos cenários, ambientes, análises e setores. A pesquisa operacional nada mais é que um método científico que auxilia nessa tomada de decisão, estruturando processos e propondo um conjunto de alternativas e ações, através de previsão e comparação de valores, eficiência e custos.

O objeto de estudo nesse artigo é uma empresa do ramo alimentício da cidade de Campo Grande – MS, que fornece espetinhos em vários pontos distintos da cidade, e também possui clientes que retiram o produto diretamente na empresa. Devido ao fluxo de entrega diário essa empresa possui um alto custo com o transporte de seus produtos, implicando, assim, no seu lucro final.

Minimizar o tempo de percurso e a distância, passam a ser temas de grande importância nas tomadas de decisões obtendo assim vantagem competitiva empresarial. (BALLOU, 2006). A utilização do PCV pode auxiliar essa empresa na rede de distribuição dos seus produtos, ajudando a mesma a encontrar uma rota que abranja todos seus clientes, otimizando as distancias e custos relativos a essa distribuição.

Tendo isso em vista, nesse estudo tem-se a finalidade de aplicar o PCV para otimização do processo de distribuição da empresa, buscando agilizar o mesmo, reduzir os custos e desperdícios e conseqüentemente proporcionar um aumento significativo de seu lucro final.

2. Referencial teórico

2.1 Setor alimentício

De forma global o setor alimentício inclui diversos produtos: derivados de carne, beneficição de café, chá e cereais, açúcares, laticínios, óleos e gorduras, derivados de trigo, derivados de frutas e vegetais, diversos (salgadinhos, sorvetes, temperos e leveduras), chocolate, cacau e balas, bebidas, desidratados e Superg. (pratos prontos, massas, vegetais congelados), conservas de pescados, enfim, uma grande gama de produção que é característica do Brasil. (ABIA, 2016).

A indústria de alimentos tem seu desempenho vinculado ao setor agropecuário, no qual se abastece de suas principais matérias primas, entre elas: carne, leite, café, açúcar, milho, trigo, entre outros(DPEC, 2017).

2.2 Programação dinâmica

A resolução de um problema de otimização, recorrendo à programação dinâmica, conduz à decomposição desse problema numa sequência de problemas isolados mais simples, ligados entre si por vias recursivas. Um problema é susceptível de ser abordado com programação dinâmica se nele forem identificadas três características básicas: 1) É um problema de decisão que pode ser separado em etapas de decisão distintas; 2) Em cada etapa de decisão é possível definir o estado da solução; 3) Em cada etapa decide-se para cada estado, qual o estado da etapa seguinte que oferece melhor retorno para a solução do problema(mudança de estado). Deste modo, estabelece um fio condutor que liga a melhor sequência de decisões ainda que em qualquer momento do processo sejam adotadas decisões menos corretas.

Em resumo, a Programação Dinâmica é uma técnica que se aplica a situações que exijam decisões sequenciais. Soluciona problemas pela sua decomposição em problemas menores, resolvendo estágio por estágio. Pode tratar funções descontínuas, não diferenciáveis, não convexas, determinísticas ou estocásticas. A função objetivo deve, entretanto, ser separável, crescente ou decrescente, estritamente crescente ou estritamente decrescente ou constante.

Na construção de um modelo de programação dinâmica é necessário identificar-se: 1) Quais são as variáveis de decisão ou de política; 2) Qual a função objetivo ou critério para determinar uma política ótima; 3) Como o problema é caracterizado e depois analisado em termos de estágios; 4) O que caracteriza o estado do problema em cada estágio; 5) Como as restrições influenciam os estados do problema e os valores viáveis das variáveis de decisão.

Usualmente, o procedimento de resolução começa encontrando a política para o último estágio. Há uma relação recursiva que identifica a política ótima para o estágio n , dada a política '1' ótima para o estágio $n+1$. Quando esta relação de recursão é usada, o procedimento de solução começa no final e vai recuando estágio por estágio, encontrando a política ótima para cada estágio, até chegar na política ótima começando no estágio inicial.

2.3 O problema do caixeiro viajante

O problema do caixeiro viajante tem por objetivo basicamente fazer com que todos os clientes sejam visitados apenas uma vez e que a distância total percorrida entre eles seja minimizada, ou seja, o roteiro gerado deve ser o menor possível (LISBOA, 2007).

O PCV é considerado como um problema de programação binária, por suas variáveis de decisão assumir o valor igual a "1" (um) se o roteiro sugerido é seguido ou, caso contrário, "0" (zero), quando o roteiro pretendido não é localizado (BELFIORE; FÁVERO, 2013).

É possível modelar o caixeiro viajante como um problema de programação em redes. Para isso, deve ser formado como uma estrutura de rede que possua diversos nós, todos devendo estar conectados a pelo menos um ou mais arcos (BELFIORE; FÁVERO, 2013).

Segundo Goldberg e Luna (2000), o problema do caixeiro viajante está presente em vários problemas práticos, tais como: Programação de operações de máquinas e manufatura, programação de transporte entre células de manufatura, otimização de movimento de ferramentas de corte, otimização de perfurações de furos em placas de circuitos impressos,

problemas de roteamento de veículos, problemas de sequenciamento, entre outros.

Para a formulação matemática dessa ferramenta de otimização, será utilizada a formulação de Dantzig, Fulkerson e Johnson, presente em Goldberg e Luna (2000), tendo em vista que essa formulação é frequentemente usada na literatura, pois apresenta modos peculiares para a caracterização do problema e também por ser de fácil compreensão, tal modelo matemático pode ser visto nas equações 1, 2, 3 e 4.

$$Eq. 1. \text{ Minimizar } z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Sujeito a:

$$X_{ij} \in \{0,1\} \forall i, j \in N \quad Eq. 2. \sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \forall j \in N$$

$$Eq. 3. \sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \forall i \in N \quad Eq. 4. \sum_{i,j \in S} X_{ij} \leq |S| - 1 \forall S \subset N$$

Nesse modelo matemático temos que:

- c : Custo de ir do ponto i ao ponto j (distância).
- $x_{ij}=1$, 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 .

As restrições indicadas em (1), determinam que o fluxo de chegada em cada ponto j deve ser 1. As restrições indicadas por (2) determinam que o fluxo de saída de cada ponto j deve ser 1. As restrições indicadas por (3) impõe a eliminação de circuitos pré-hamiltonianos, ou seja, evitam subciclos. As restrições indicadas por (4) determinam que as variáveis sejam binárias, ou seja, podem assumir apenas os valores 0 ou 1. Podemos observar que nessa formulação o ponto X_{ii} não existe, pois não há sentido em sair de um ponto e retornar para ele mesmo.

3. Metodologia

O artigo foi elaborado por meio de pesquisas bibliográficas, dados coletados por intermédio

de questões realizadas ao proprietário da empresa que é o objeto de estudo de trabalho, além de ser documental, devido a necessidade de informações obtidas por meio de monografias e textos. Os dados foram coletados no primeiro semestre de 2018.

Foram indagadas informações referentes aos locais que o proprietário da empresa efetua suas entregas. Logo em seguida, com o auxílio da ferramenta do *Google, Google Maps* calculou-se as distâncias entre os pontos “nós” que estão distribuídos como mostra a FIGURA 2, onde “A” representa a empresa fornecedora de espetos e os outros 13 pontos são os destinos. Atualmente a rota de entrega definida pela empresa é A-B-C-D-E-H-N-M-L-K-J-IG-F-A, totalizando 49,91 quilômetros.

Devido à utilização diária dessa rota para entrega dos produtos, uma análise utilizando o problema do caixeiro viajante para otimização da mesma pode auxiliar na redução dos custos de transporte nas entregas dessa empresa.

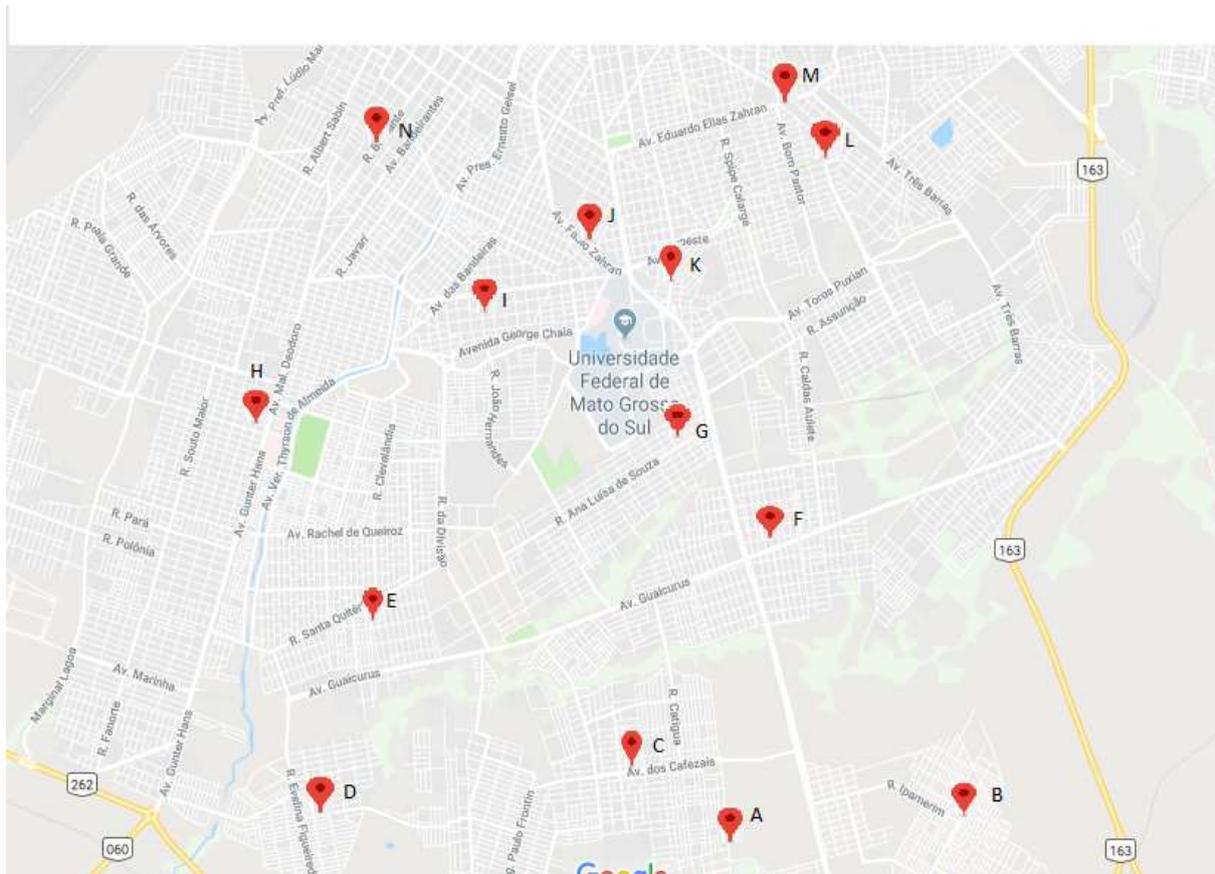


FIGURA 1 - Distribuição dos nós no mapa. Fonte: *GoogleMaps*.

É possível visualizar essa rede de nós e seus diversos possíveis caminhos através do grafo $Z(X, Y)$ (Figura 2), onde X é o conjunto de nós de Z que são os 14 pontos e Y são os arcos de Z que são as ligações que representam as distâncias entre esses pontos.

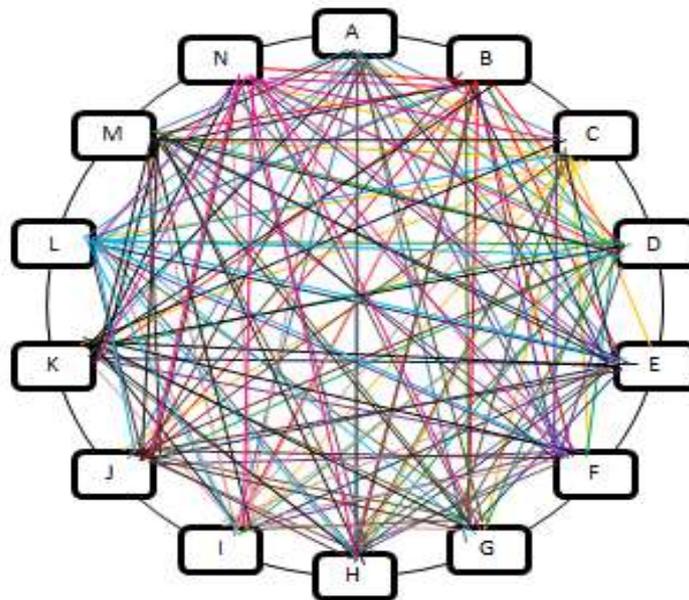


FIGURA 2 - Grafo do problema. Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi verificado que atualmente a empresa possui 1 veículo de transporte. Em seguida o modelo e ano do veículo foram analisados para estimar a taxa média de consumo de combustível de acordo com o fabricante. O preço do combustível foi obtido por meio da análise de uma amostra de 10 postos, onde foi utilizado o critério da moda estatística para determinação do mesmo. O preço médio considerado para o combustível e a autonomia do carro respectivamente são R\$4,19 e 9,8 quilômetros por litro. A distância percorrida foi obtida através da soma das distâncias entre os nós determinadas pelo *Google Maps*. O custo total atual da rota é aproximadamente R\$21,34 diários, totalizando R\$ 640,20 mensais (tendo como base um mês de 30 dias). Para cálculo do custo total de transporte da empresa utilizou-se a seguinte formulação:

$$\text{Eq.5 } C = P \cdot \left(\frac{D}{M}\right)$$

Sendo: “C” o custo total do percurso em reais, “P” o preço do combustível em reais, “D” a distância percorrida em quilômetros e “M” a média de quilômetros por litro.

Com todas as informações necessárias reunidas, foi utilizado a ferramenta solver do Microsoft Excel para obter os resultados da otimização do processo devido a sua praticidade para resolução de um modelo matemático complexo. A modelagem do problema pode ser visualizada na formulação da Equação 6:

$$\text{Eq. 6 Minimizar } Z = \sum_{j=1}^{14} \sum_{i=1}^{14} C_{ij} X_{ij}$$

Sujeito a:

$$\text{Eq. 7 } \sum_{j=1}^{14} X_{ij} \leq |14| - 1$$

$$\text{Eq. 8 } \sum_{i=1}^{14} X_{ij} - \sum_{j=2}^{14} X_{ij} = 1$$

$$\text{Eq. 9 } \sum_{j=1}^{14} X_{ij} = 1$$

$$\text{Eq. 10 } \sum_{i=1}^{14} X_{ij} = 1 \quad X_{ij} \in \{0,1\}$$

Como esse problema ultrapassa o limite máximo de “nós” que o solver é capaz de resolver (entre 6 e 7), foi necessário a implementação da extensão “*Open solver*”.

Dentro da ferramenta foi feita uma matriz para os custos de transporte(distâncias) entre cada ponto e duas matrizes de variáveis (rotas), considerando que uma das matrizes pode ser dita como quadrante X(Tabela 1) e outra como o quadrante Y (Tabela2), as duas com valores iniciais iguais a zero.

Uma matriz necessária foi a matriz Máximo, onde cada célula é preenchida com a fórmula “ X_{ij} *quantidade de nós” (Tabela 3), onde X_{ij} em Máximo corresponde ao ponto de mesma colocação na matriz do quadrante X. Na matriz do quadrante X foram inseridas uma coluna e uma linha a mais que são chamadas de rotas, onde nas mesmas foram somados os valores de cada linha e cada coluna. Na matriz do quadrante Y, foi adicionada uma linha onde foi feita a subtração da soma de cada coluna com a soma de cada linha.

TABELA 1 – Matriz quadrante X.

Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
DE PARA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Rota
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=SOMA(R2:AE2)
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rota	=SOMA(R2:R15)			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 2 - Matriz quadrante Y.

DE\PARA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	A
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	B
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	C
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	D
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	E
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	F
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	G
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	H
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	I
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	J
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	K
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	L
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	M
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	N
Fluxo	=R3B-AF19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 3 - Matriz Máximo.

DE\PARA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	=R2*14		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

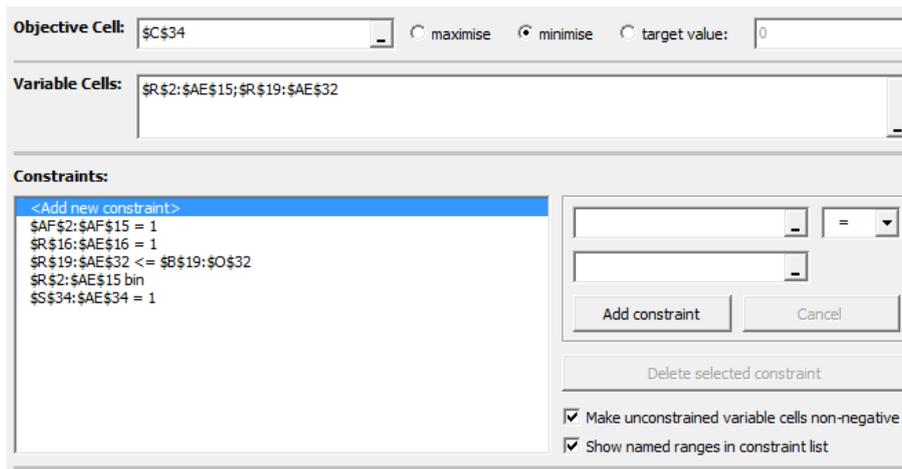
O total de quilômetros percorridos é dado pela função objetivo, que é obtida através da função “SOMARPRODUTO” das matrizes de custos e do quadrante X (Figura 3).

$$=SOMARPRODUTO(R2:AE15;B2:O15)$$

FIGURA 3 – Função objetivo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para resolução foi selecionada a função objetivo com a célula objetivo na modelagem do solver, os quadrantes X e Y foram selecionados como as células variáveis e foram adicionadas algumas restrições para que o resultado fosse garantido evitando os subciclos. As restrições citadas anteriormente são:

- As rotas da matriz X devem ser iguais a 1;
- Todas as células da matriz X devem assumir valores binários;
- Todos os valores da matriz Y devem ser menores ou iguais que na matriz Máximo;
- Todos os valores da última linha da matriz Y a partir da segunda coluna devem ser iguais a 1.



Objective Cell: \$C\$34 maximise minimise target value: 0

Variable Cells: \$R\$2:\$AE\$15;\$R\$19:\$AE\$32

Constraints:

- <Add new constraint>
- \$AF\$2:\$AF\$15 = 1
- \$R\$16:\$AE\$16 = 1
- \$R\$19:\$AE\$32 <= \$B\$19:\$O\$32
- \$R\$2:\$AE\$15 bin
- \$S\$34:\$AE\$34 = 1

Buttons: Add constraint, Cancel, Delete selected constraint

Options: Make unconstrained variable cells non-negative, Show named ranges in constraint list

FIGURA 4 – Modelagem do problema no solver. Fonte: Elaborada pelos autores.

4. Resultados e discussões

As distâncias mínimas obtidas com o auxílio do *Google Maps* entre os pontos podem ser visualizadas na Tabela 4.

TABELA 4 - Distâncias mínimas entre os pontos de distribuição em quilômetros.

DE\PARA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	0,00	4,53	1,78	4,75	6,72	4,78	7,50	11,80	10,70	9,80	8,60	11,50	12,50	13,80
B	4,53	0,00	4,70	9,20	10,30	5,30	7,10	14,80	10,40	9,10	8,70	11,20	11,50	13,40
C	1,78	4,70	0,00	4,60	5,70	3,90	4,90	8,60	8,10	8,60	7,80	11,20	11,60	10,40
D	4,75	9,20	4,60	0,00	3,50	7,60	8,10	5,80	8,60	11,00	10,70	14,30	13,70	9,00
E	6,72	10,30	5,70	3,50	0,00	5,80	4,90	4,20	5,10	6,70	7,50	9,80	9,50	6,00
F	4,78	5,30	3,90	7,60	5,80	0,00	2,20	8,70	5,70	4,40	4,00	6,40	6,80	8,70
G	7,50	7,10	4,90	8,10	4,90	2,20	0,00	7,30	4,10	3,20	2,60	5,10	5,50	7,40
H	11,80	14,80	8,60	5,80	4,20	8,70	7,30	0,00	5,00	6,60	7,30	9,50	9,40	3,90
I	10,70	10,40	8,10	8,60	5,10	5,70	4,10	5,00	0,00	2,20	2,90	5,10	4,90	2,70
J	9,80	9,10	8,60	11,00	6,70	4,40	3,20	6,60	2,20	0,00	1,50	3,50	3,50	4,10
K	8,60	8,70	7,80	10,70	7,50	4,00	2,60	7,30	2,90	1,50	0,00	2,40	2,70	5,10
L	11,50	11,20	11,20	14,30	9,80	6,40	5,10	9,50	5,10	3,50	2,40	0,00	1,00	7,20
M	12,50	11,50	11,60	13,70	9,50	6,80	5,50	9,40	4,90	3,50	2,70	1,00	0,00	6,30
N	13,80	13,40	10,40	9,00	6,00	8,70	7,40	3,90	2,70	4,10	5,10	7,20	6,30	0,00

Fonte: Dados fornecidos pelo *Google maps*.

Após aplicação do solver podemos identificar analisando a Tabela 5 que a otimização resultou na seguinte rota: A-C-D-E-H-N-I-J-M-L-K-G-F-B-A. Possuindo 44,41 quilômetros.

TABELA 5 – Rota otimizada pelo solver.

DE\PARA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
F	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
K	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Utilizando-se da aplicação da fórmula de custo total tem-se então um custo da rota otimizada de aproximadamente R\$ 18, 98 diários, resultando em um valor mensal de R\$ 569,40.

Fazendo a comparação da rota atual com a rota otimizada é possível observar uma economia de R\$ 2,36 diários e R\$70,80 mensais, assim totalizando uma economia anual de R\$849,60.

Como a análise foi aplicada em uma microempresa essa economia representa um valor relevante nos custos totais, podendo-se utilizar dessa quantia para outros fins ou novos investimentos. Mostra-se, assim, como se faz importante a aplicação do método do Caixeiro Viajante.

5.Considerações finais

Devido grande competitividade no mercado, onde cada vez mais as empresas buscam otimizar seus processos, maximizar seus lucros, minimizar seus custos e conseqüentemente aumentar sua produtividade, se faz necessário o uso de programas computacionais, que associados ao conhecimento técnico contribuem nas tomadas de decisões.

Por meio dos resultados obtidos na otimização da rota de entrega, foi possível observar uma economia significativa nas contas da empresa de R\$849,60 anuais. O estudo em questão apresentou resultados satisfatórios com a aplicação desse método, auxiliando a empresa a reduzir seus custos e no crescimento da organização, pois, essa economia pode ser investida em outras áreas, acarretando no desenvolvimento da mesma.

Devido à falta de tempo hábil para a aplicação da nova rota sugerida pela ferramenta computacional, não foi possível obter uma amostra prática dos resultados observados. Apesar das limitações identificadas, considera-se que o estudo apresentou uma significativa contribuição jamais antes cogitada pelo proprietário da empresa que tendo conhecimento do melhor caminho a ser feito, poderá posteriormente ser colocada em ação, possibilitando a otimização de todo o processo envolvido.

Sugere-se no futuro um estudo sobre a implementação da rota encontrada, abrangendo os resultados obtidos. Investigações poderiam utilizar uma amostra mais ampla de outras empresas que necessitam do uso de ferramentas computacionais, para aumentar a produtividade da sua organização disseminando conhecimento a quem precisa. A longo prazo a contratação de engenheiro de produção se torna necessária, pois com as constantes mudanças no mercado, no tipo e na quantidade de clientes, esse profissional auxiliará a empresa através do *kaizen* e outras ferramentas da engenharia de produção.

6. Referências

- ABIA - Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. **Faturamento 2016**. Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2016.pdf>>. Acesso em: 17 de maio de 2018.
- BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BELFIORE, P; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional: para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- COMPRE RURAL. “**Consumo de carne bovina deve crescer no Brasil em 2018, dizem analistas**” Disponível em: <https://www.comprerural.com/consumo-de-carne-bovina-no-brasil-deve-subir-em-2018-dizem-analistas/>. Acesso: 18 de maio de 2018.
- GLOBO RURAL. “**Consumo per capita de carnes no Brasil é o menor em oito anos**” Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Criacao/noticia/2017/07/consumo-capita-de-carnes-no-brasil-e-o-menor-em-oito-anos.html>. Acesso: 18 de maio de 2018.
- GOLDBARG, M. C. e LUNA, H. P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.
- DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. “**Indústria de Alimentos**”. Disponível em: https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_industria_de_alimentos.pdf. Acesso: 18 de maio de 2018.
- LISBOA, F. S. **GRASP para o problema de roteamento de veículos com multi-comportamentos e restrição de janela de tempo**. 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ, 2007. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp034109.pdf>>. Acesso em: 22 abril de 2018.
- MARCONI, M; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- “**Setor de Alimentos: estabelecimentos e empregos formais no Rio de Janeiro**” Disponível em: https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Menu%20Institucional/Sebrae_SET_dez12_alim.pdf. Acesso: 18 de maio de 2018
- SOARES. F. G. T; CORREIA. E. P. “**Aplicação do problema do caixeiro viajante na otimização de roteiros**.”XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. ABEPRO 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_140_885_18795.pdf. Acesso: 20 de maio de 2018.
- PAULO, I. C. B; SOUSA, M. T; FERNANDES, H. B. D; SIMIAO, M. B. O. “**Aplicação do problema do caixeiro viajante (PCV) em uma empresa do ramo salineiro RN**.”XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO ABREPRO 2015. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_222_27622.pdf. Acesso: 22 de maio de 2018.