

# APLICAÇÃO DO MÉTODO DO CAIXEIRO VIAJANTE EM UMA EMPRESA DE CUTELARIA

<sup>1</sup>Carla Rodrigues da Silva; <sup>1</sup>cr040394@gmail.com; <sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
<sup>2</sup>Jaqueline Arguelho da Silva; <sup>2</sup>jaqueargue@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
<sup>3</sup>Rebeca Espíndola Gripp; <sup>3</sup>rebecaegripp@gmail.com; <sup>3</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**RESUMO:** *No Brasil, a cutelaria possui maior representatividade na região sul, região na qual são produzidos diferentes tipos de artefatos ligados à cutelaria. Foi estudado a distribuição da faca de churrasco, de uma empresa de cutelaria situada em Campo Grande no Mato Grosso do Sul, com objetivo de otimizar o frete, reduzindo os custos, utilizando ferramentas de pesquisa operacional na análise quantitativa dos dados e o método do caixeiro viajante. Com a metodologia utilizada, verificou-se que a melhor rota a ser seguida é: Campo Grande – Porto Alegre – Florianópolis – Curitiba – São Paulo – Rio de Janeiro – Brasília – Cuiabá – Campo Grande. Seguindo a melhor rota de acordo com o método caixeiro viajante, para distribuir as 2.601 facas com um caminhão semi-pesado pelos estados definidos, terá um gasto total de R\$ 6348,30.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Distribuição; Cutelaria; Otimização; Caixeiro viajante; Pesquisa operacional.*

**ABSTRACT:** *In Brazil, the cutlery is more representative in the southern region, where different types of cutlery-related artifacts are produced. The barbecue knife's distribution, from a cutlery company located in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, was studied in order to optimize freight, reducing costs, using tools from operational research in the analysis of quantitative data and the traveling salesman method. With the used methodology, was verified that the best route to be followed is: Campo Grande - Porto Alegre - Florianópolis - Curitiba - São Paulo - Rio de Janeiro - Brasília - Cuiabá - Campo Grande. Following the best route according to the traveling salesman method, to distribute the 2,601 knives with a semi-heavy truck throughout the defined states, the total expenses will be R\$ 6348.30.*

**KEYWORDS:** *Distribution; Cutlery; Optimization; Travelling salesman; Operational research.*

## 1. Introdução

Cotidianamente as pessoas utilizam utensílios para facilitar e agilizar a vida, quando pensamos no preparo de alimentos fica evidente o uso de materiais cortantes como as facas. As facas são feitas de metais que possuem características, tais como a condutividade e maleabilidade que permitiram que se tornasse um material essencial. A produção de facas utiliza matéria-prima semiacabada em chapa, bobina ou blocos de metal, que serão transformados em lâminas (NETO, 2017).

O Brasil representa o nono maior produtor de aço no mundo, em 2012 foram produzidos 34,5 milhões de toneladas, que foi responsável por 4% do PIB nacional. Existem parques produtores e beneficiadores da matéria-prima em 10 estados, com destaque na região sudeste. Os setores que mais utilizam o aço, são em primeiro lugar da construção civil, seguido pelo automotivo, a produção de maquinário e por último a produção de eletrodomésticos e eletroportáteis (IABR, 2013).

A cutelaria no Brasil é um setor de grande expressão na região sul, na região de Santa Maria no Rio grande do Sul, concentra vários produtores, na maioria deles familiares. Estes produtos estão muito ligados a cultura gaúcha, porém são vendidos para vários estados do Brasil devido sua qualidade (ROCHA e LEAL, 2014).

O estado do Mato Grosso do Sul possui um PIB industrial de 13,55 bilhões de reais, a indústria representa 22,16% da economia do estado equivalente a 1,2% da produção industrial nacional, uma participação bastante modesta porém esperada, tendo em vista o caráter agropecuário da economia estadual. A maior quantidade de indústrias no estado está no ramo frigorífico e produtos de carne, seguido do sucroenergético, construção, papel e celulose, alimentos e bebidas, têxtil e confecções de vestuário, mecânica e finalmente a metalurgia em oitavo lugar.

A empresa estudada no artigo tem seu nicho voltado para a produção de facas e utensílios cortantes utilizados na cozinha e em churrascos. Está localizada em Campo Grande, na região central do estado, onde é dominante os setores, segundo a FIEMS (2016), de construção civil, bebidas e alimentos.

Apesar dessas características, o estado se encontra no centro do Brasil, o que gera uma posição de destaque com grandes possibilidades de parcerias tanto na compra de matéria-prima na região sudeste, quanto na venda dos produtos para outros estados. Para isso, se faz necessário um estudo do menor caminho do frete para a entrega dos produtos, a fim de maximizar os lucros. Sendo assim, utilizar métodos matemáticos da pesquisa operacional é um procedimento essencial para garantir excelência na tomada de decisão, reduzir custos e aumentar a lucratividade da empresa.

Ademais, o objetivo do trabalho é otimizar a distribuição da faca de churrasco da empresa para os demais estados. Entre os específicos está a aplicação do problema do caixeiro viajante para validar a rota de escoamento dos produtos a fim de minimizar as distâncias. Além de calcular os custos obtidos ao se escolher essa rota.

## **2. Referencial teórico**

De acordo com Arenales *et al.* (2007), a pesquisa operacional é uma abordagem científica para tomada de decisões, que busca encontrar formas mais eficientes de executar um sistema

que, muitas vezes, possui poucos recursos para execução. Para isso, faz o uso de modelos matemáticos e estatísticos para tomada de decisões.

Uma das grandes áreas da pesquisa operacional é a programação dinâmica, que é uma das técnicas para solução de problemas de otimização com vários estágios, onde a decisão a ser tomada é parte do caminho ótimo, partindo de um ponto até o término do período determinado (KLIGERMAN *et al.*, 1992).

Tomada de decisão é o processo de identificação de um problema ou oportunidade e a definição de uma linha de ação para resolvê-lo. Pode ser afetado pelo tempo disponível para resolução; local onde a decisão é tomada; o grau de certeza sobre os parâmetros que se tem sobre o objeto de decisão; pelos agentes decisores; e por conflitos de interesse (LACHTERMACHER, 2016).

Os problemas de rotas também influenciam na tomada de decisão, com isso, a roteirização tem um papel fundamental, visto que, visa identificar um ou mais caminhos ou sequências de paradas a serem cumpridas por veículos, com o objetivo de visitar diferentes locais pré-definidos, que necessitam de atendimento. O primeiro problema de roteirização estudado foi do caixeiro viajante (DA CUNHA, 2000).

Também conhecido como *Traveling Salesman Problem*, o problema do caixeiro viajante (PVC) é constituído por um número específico de cidades e tem por objetivo minimizar a distância percorrida para que o caixeiro viajante passe pelas cidades apenas uma vez e então, volte para cidade inicial. A solução ótima do problema é dada por meio da minimização da distância (MAGALHÃES, 2011).

Para representar melhor os diferentes tipos deste problema, são adicionadas restrições, como por exemplo, a capacidade dos veículos; duração máxima das rotas; restrições de horário de atendimento; tamanho e composição da frota; entre outras restrições (DA CUNHA, 2000).

A formulação matemática para o PCV diz que,  $G(V, A)$  é um grafo no qual  $V = \{1, 2, \dots, n\}$  é um conjunto de nós que representam cidades, e  $A$  um conjunto de arcos da cidade  $i$  para a cidade  $j$ .  $c_{ij}$  representa o tempo da viagem/trajeto do arco  $(i, j)$ . Considerando  $x_{ij} = 1$  representa que a cidade  $j$  foi visitada logo em seguida da cidade  $i$ , caso contrário  $x_{ij} = 0$ . Assim, tem-se o modelo matemático a seguir: (FERREIRA; STEINER, 2017)

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}$$

$$\text{Sujeito à; } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n$$

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

$$x_{ij} = 0 \text{ ou } 1$$

O problema do caixeiro viajante é um dos mais estudados em otimização combinatória, e seu estudo tem atraído profissionais de outras áreas, como da matemática, física, biologia, inteligência artificial. Tem sido usado para avaliação de novos algoritmos e estratégias de solução que envolvem busca de tabu, algoritmos genéticos, redes neurais, diminuir a distância total percorrida, e outros casos (CUNHA; BONASSER; ABRAHÃO, 2002).

### 3. Metodologia

Por meio de dados coletados na empresa, obteve-se o valor da carga transportada para onze estados do Brasil no mês de dezembro de 2017. Os valores, em milhares de reais, foram divididos pelo preço de venda da faca para pessoa jurídica, no valor de 75 reais.

A empresa atualmente envia os pedidos pelas transportadoras Brass Press, Transportadora TSV, Eucatur, Motta, Seriema e Cruzeiro do Sul, porém o preço do frete não está incluso, logo, o cliente que paga pela entrega.

Com o propósito de aplicar o método do caixeiro viajante, admitindo que a empresa comprasse um caminhão e faria as entregas, fez-se necessário, para a viabilidade da pesquisa, eliminar os nós da região Nordeste, isto é, Pernambuco, Piauí e Bahia, pelo fato de que a quantidade de facas enviadas para estas duas cidades ser pequena, e não haver outras entregas na mesma região. Além disso, a demanda para essa região não é constante, alguns meses não há pedidos de produtos. Sendo assim, as vendas serão consideradas apenas nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, que representam 92,4% da demanda.

Determinou-se que o método do Caixeiro seria aplicado usando como restrição a distância entre as cidades para determinar o melhor caminho. Tendo em vista que a mercadoria deve

partir de Campo Grande e ao final retornar a esta cidade, a rota a ser seguida deve passar pelas cidades: Cuiabá, Brasília, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre. As cidades, ou nós, foram representadas como letras, conforme a Tabela 1.

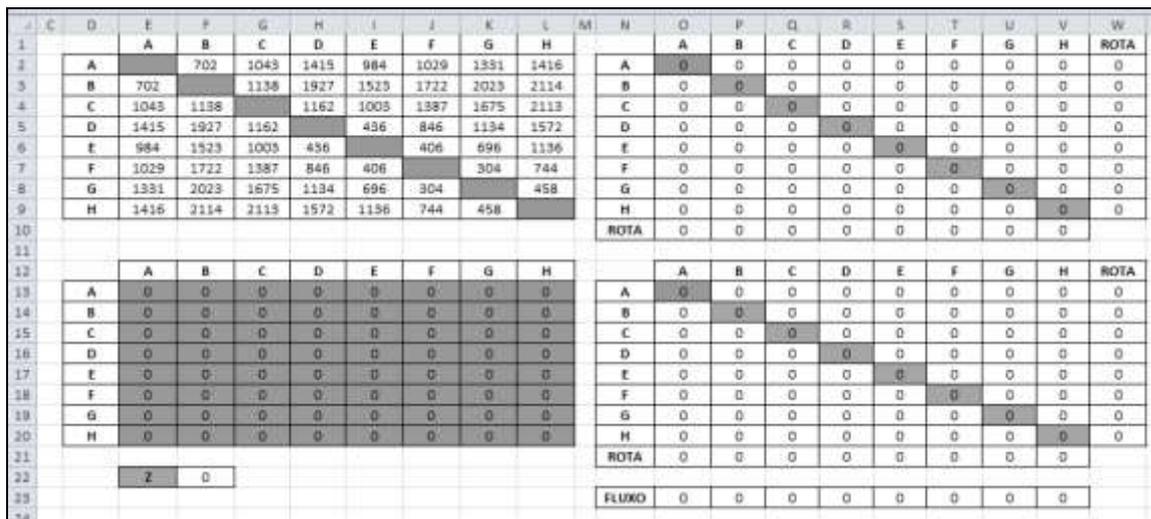
TABELA 1 - Cidades que fazem parte da rota.

Cidade	Símbolo
Campo Grande	A
Cuiabá	B
Brasília	C
Rio de Janeiro	D
São Paulo	E
Curitiba	F
Florianópolis	G
Porto Alegre	H

Fonte: Autoras (2018).

Para determinação da quilometragem entre cada uma das cidades, foram utilizados os dados do Rota Mapas (2018), que calcula a quilometragem entre uma cidade à outra.

A estrutura montada no excel para aplicação do método caixeiro viajante foi conforme mostrado na Figura 1, onde a função-objetivo (representada pela letra Z) é o somatório do produto da tabela que vai de E2 a L9 com a tabela que vai de O2 a V9. As variáveis de decisão estão representadas na tabela que vai de O2 a V9 e na tabela que vai de O13 a V20.



	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1			A	B	C	D	E	F	G	H			A	B	C	D	E	F	G	H	ROTA
2		A	702	1043	1415	984	1029	1331	1416			A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		B	702	1136	1927	1523	1722	2023	2114			B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		C	1043	1136		1162	1003	1387	1675	2113		C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572		D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		E	984	1523	1003	436		406	696	1136		E	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7		F	1029	1722	1387	846	406		304	744		F	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8		G	1331	2023	1675	1134	696	304		458		G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9		H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458			H	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10												ROTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11																					
12			A	B	C	D	E	F	G	H			A	B	C	D	E	F	G	H	ROTA
13		A	0	0	0	0	0	0	0	0			A	0	0	0	0	0	0	0	0
14		B	0	0	0	0	0	0	0	0			B	0	0	0	0	0	0	0	0
15		C	0	0	0	0	0	0	0	0			C	0	0	0	0	0	0	0	0
16		D	0	0	0	0	0	0	0	0			D	0	0	0	0	0	0	0	0
17		E	0	0	0	0	0	0	0	0			E	0	0	0	0	0	0	0	0
18		F	0	0	0	0	0	0	0	0			F	0	0	0	0	0	0	0	0
19		G	0	0	0	0	0	0	0	0			G	0	0	0	0	0	0	0	0
20		H	0	0	0	0	0	0	0	0			H	0	0	0	0	0	0	0	0
21													ROTA	0	0	0	0	0	0	0	0
22		Z		D									FLUXO	0	0	0	0	0	0	0	0
23																					
24																					

FIGURA 1 - Aplicação do caixeiro viajante no excel. Fonte: Autoras (2018).

Na coluna da ROTA, que vai de W2 a W9, foi inserida uma fórmula para somar as linhas que vão de O a V em cada uma das correspondentes W. Semelhantemente, na linha ROTA, que

vai de O10 a V10, foi inserida uma fórmula para somar suas colunas correspondentes, por exemplo, em O10 será aplicada esta fórmula onde será somado de O2 a O9.

As mesmas fórmulas citadas no parágrafo anterior foram inseridas na tabela correspondente à N12 à W21. Com a aplicação do solver, o resultado ótimo aparecerá nesta tabela, tanto na coluna ROTA como também na linha ROTA, sendo que, a rota ótima será dos nós na ordem crescente. A tabela que vai de E13 A L20 é igual a matriz das variáveis de decisão de O2 a V9 multiplicada por oito, que é a quantidade total de nós (cidades).

Após a aplicação de todas as fórmulas necessárias, colocou-se os parâmetros do solver, de acordo com a Figura 2, para resolução do problema. Este problema é de minimização, o método de solução é o LP Simplex, e possui algumas restrições das quais foram inseridas nos parâmetros do solver.

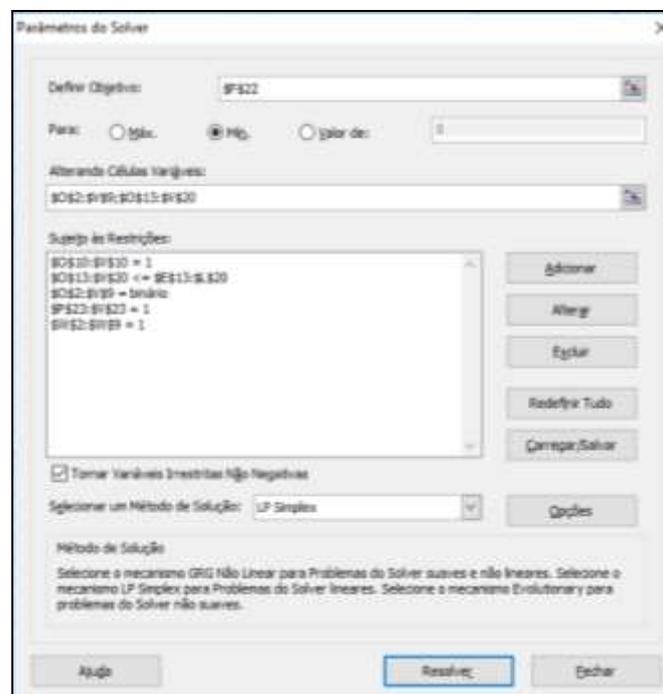


FIGURA 2 - Solver. Fonte: Autoras (2018).

Após ser encontrada a melhor rota, foi calculado os custos com pedágios da rota escolhida. Para calcular os pedágios entre as cidades, também foram utilizados dados do Rota Mapas (2018). Neste site, apenas colocando a cidade de origem e a cidade de destino são localizados os pedágios no trajeto e o valor total correspondente.

Será usado um caminhão semi-pesado no qual possui eixo simples na carroceria, isto é, um eixo frontal e outro traseiro de rodagem simples, com capacidade de até 6 toneladas e comprimento máximo de 14 metros. (COELHO, 2010) A quantidade de combustível que um caminhão desse porte pode armazenar em seu tanque é de 275 litros, e em média são consumidos 3,49 km/l. (ANGHEBEN, 2013)

De acordo com Amado (2018), o custo médio do diesel no início de 2018 é de R\$3,40 o litro. Desta maneira, foi possível calcular os custos com o combustível através da fórmula:

$$\text{(Distância total do trajeto / Consumo médio de combustível do caminhão) * Custo médio do diesel}$$

#### 4. Resultados

Conforme a metodologia utilizada, foram obtidos os resultados apresentados a seguir. O valor total das facas, assim como a demanda de facas de todos os estados que compõem a Cutelaria em estudo deste trabalho estão expressas na Tabela 2.

TABELA 2 - Demanda da faca por estado.

Estado	Valor (R\$)	Quantidade de facas
Bahia	1586,00	22
Distrito Federal	2600,73	35
Mato Grosso do Sul	58193,71	776
Mato Grosso	1087,62	15
Pernambuco	9938,00	133
Piauí	3197,29	43
Paraná	37196,00	496
Rio de Janeiro	3033,63	41
Rio Grande do Sul	3664,18	49
Santa Catarina	10886,87	146
São Paulo	63372,66	845
<b>Quantidade total de facas</b>		<b>2601</b>

Fonte: Autoras (2018).

Com a eliminação dos nós do nordeste, conforme a metodologia, definiu-se os estados a serem avaliados para análise do estudo.

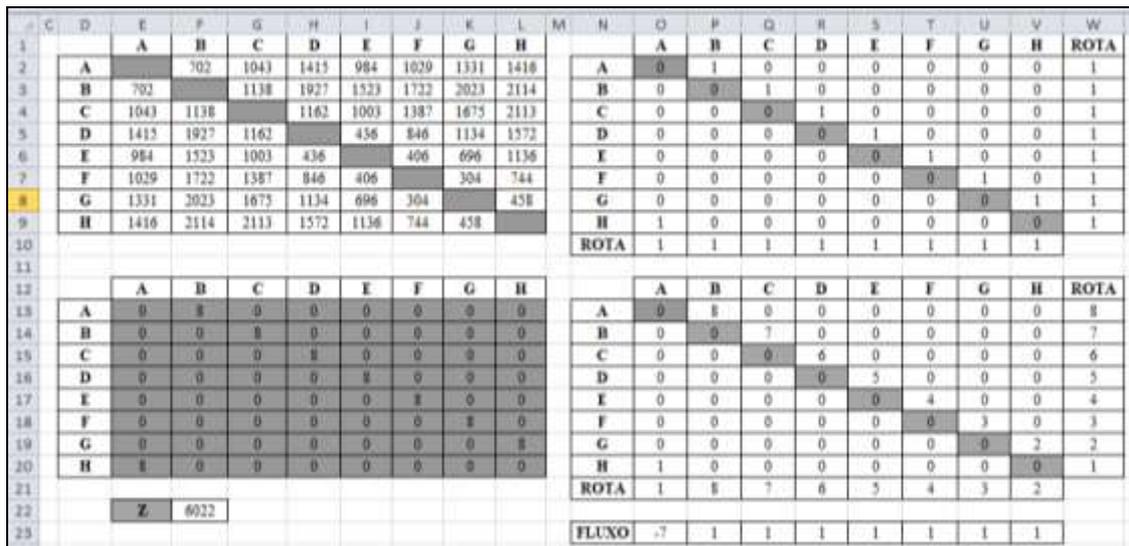
Em seguida, foram obtidas as quilometragens entre cada uma das cidades que fazem parte da rota, utilizando a simbologia da Tabela 1. Os dados obtidos estão representados na Tabela 3.

TABELA 3 - Quilometragem entre as cidades.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

Fonte: Autoras utilizando os dados Rota Mapas (2018).

Com a utilização do solver do excel para resolução do caixeiro viajante, foram obtidos os seguintes valores nas tabelas, conforme mostra a Figura 3.



The figure shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H	ROTA
A	0	1	0	0	0	0	0	0	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	1
C	0	0	0	1	0	0	0	0	1
D	0	0	0	0	1	0	0	0	1
E	0	0	0	0	0	1	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	1	0	1
G	0	0	0	0	0	0	0	1	1
H	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ROTA	1	1	1	1	1	1	1	1	

	A	B	C	D	E	F	G	H	ROTA
A	0	0	0	0	0	0	0	0	8
B	0	0	7	0	0	0	0	0	7
C	0	0	0	6	0	0	0	0	6
D	0	0	0	0	5	0	0	0	5
E	0	0	0	0	0	4	0	0	4
F	0	0	0	0	0	0	3	0	3
G	0	0	0	0	0	0	0	2	2
H	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ROTA	1	8	7	6	5	4	3	2	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114
C	1043	1138		1162	1003	1387	1675	2113
D	1415	1927	1162		436	846	1134	1572
E	984	1523	1003	436		406	696	1136
F	1029	1722	1387	846	406		304	744
G	1331	2023	1675	1134	696	304		458
H	1416	2114	2113	1572	1136	744	458	

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		702	1043	1415	984	1029	1331	1416
B	702		1138	1927	1523	1722	2023	2114

TABELA 4 - Gastos com pedágio e combustível.

Trajetos	Distância do Trajeto (km)	Pedágio (R\$)
Campo Grande - Porto Alegre	1416	67,40
Porto Alegre - Florianópolis	458	26,60
Florianópolis - Curitiba	304	21,60
Curitiba - São Paulo	406	41,20
São Paulo - Rio de Janeiro	436	112,40
Rio de Janeiro - Brasília	1162	116,80
Brasília - Cuiabá	1138	9,80
Cuiabá - Campo Grande	702	85,80
<b>TOTAL</b>	<b>6022</b>	<b>481,60</b>
	<b>Custo combustível (R\$)</b>	<b>5866,70</b>

Fonte: Autoras utilizando os dados Rota Mapas (2018).

Seguindo a melhor rota de acordo com o método do caixeiro viajante, para distribuir as 2601 facas com um caminhão semipesado pelos estados definidos inicialmente, terá um gasto de R\$481,60 com pedágio e R\$5866,70 com combustível, deste modo, o custo total será de R\$6348,30. É válido notar que, a receita da venda das facas nestes estados é de R\$121.841,69, portanto, o custo de entrega representa 5% do valor total.

Neste mês de dezembro a empresa entregou os produtos por correio e contratando uma distribuidora. O custo com a distribuidora foi de R\$2060,00 e o custo com o correio foi de R\$2976,83. Com isso, o custo total de entrega foi de R\$5036,83, ou seja, R\$1311,47 mais barato que com um caminhão de entrega próprio.

## 5. Considerações finais

A roteirização dos caminhões é de grande importância para obter melhores resultados de distribuição, isto é, programar as melhores rotas com menor custo para realizar as entregas dos produtos demandados. Tomando como base os dados obtidos pela empresa, a solução ótima encontrada para a distribuição das 2601 facas de churrasco é pelo trajeto de Campo Grande - Porto Alegre - Florianópolis - Curitiba - São Paulo - Rio de Janeiro - Brasília - Cuiabá - Campo Grande.

O custo total incluindo pedágios e combustível é de R\$ 6348,30. O que representa um custo pequeno tendo em vista a receita, porém existe a necessidade de pesquisar os custos de investimentos em caminhões e o salário do motorista. Devido o volume de facas transportadas não ser grande, terceirizar o serviço, juntamente com a entrega pelos correios, ainda é uma

solução mais barata. Entretanto se a empresa pensa em expandir esse mercado em longo prazo esse custo também aumentará.

Calcular as distâncias pelo método do Caixeiro Viajante significou aperfeiçoar o escoamento da produção da empresa na região Centro-Sul do Brasil, assim, os resultados obtidos neste trabalho podem ser extrapolados para qualquer empresa situada em Campo Grande que exporte produtos para esses estados. Este é um método bastante abrangente para ser aplicado em diversos cenários empresariais, obtendo grandes vantagens para tais empresas, pois o planejamento de distribuição é fundamental para evitar gastos desnecessários e otimizar tempo de entregas.

A roteirização foi calculada apenas com dados de um mês de produção, com isso não se pode afirmar que os custos serão os mesmos no resto do ano. Além disso, o estudo foi delimitado na região Centro-Sul, já que, ela concentra mais de 90% da demanda no mês pesquisado. É recomendado, para próximos autores, seguir um acompanhamento da demanda durante todo ano, a fim de obter os custos mensais.

As limitações do trabalho foram o fato da empresa não ter disponibilizado algumas informações, como é realizada a distribuição dos pedidos, isto é, se num mesmo caminhão da distribuidora é enviado para cada um dos destinos, ou se saem em caminhões diferentes. Além disso, o cálculo foi de apenas um mês, é necessário o acompanhamento da demanda durante o ano a fim de obter os custos com maior precisão.

A sugestão para trabalhos futuros é obter as informações que limitam o trabalho, para ter certeza de que a aplicação do método caixeiro viajante ainda não é a melhor solução para a distribuição dos produtos da empresa.

## **Referências**

AMADO, A. **Petrobras reajusta hoje preço médio da gasolina e do diesel nas refinarias.** Agência Brasil – ECB, 2018.

ANGHEBEN, A. A. **Estudo sobre a combustão de blendas de hidrogênio e diesel em motores ciclo diesel.** 2013.

ARENALES, M. *et al.* **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

COELHO, L. C. Tipos de caminhões. 2010.

CUNHA, C. B.; BONASSER, U. de O.; ABRAHÃO, F. T. M. **Experimentos Computacionais com Heurísticas de Melhorias para o problema do Caixeiro Viajante.** XVI Congresso da Anpet – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Natal, 2002.

DA CUNHA, Claudio Barbieri. **Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais.** Transportes, v. 8, n. 2, 2000.

FERREIRA, J. C.; STEINER, M. T. A. **Problema de Roteamento de Veículos: um estudo de caso comparando duas abordagens que fazem uso de modelos matemáticos.** VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2017.

FIEMS. **Panorama MS industrial - perfil/indicadores 2016.** 2017.

IABR – Instituto Aço Brasil. **Um panorama do setor siderúrgico Brasileiro.** 2013.

KLIGERMAN, A. S. *et al.* **Operação Ótima de subsistemas hidrotérmicos interligados utilizando programação dinâmica estocástica dual.** Tese de Mestrado, FEE, 1992.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões.** 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016, p. 3.

MAGALHÃES, M, S, M, M. **Otimização de rotas.** 2011.

NETO, Adriana Castelão. **Otimização de fabrico numa cutelaria.** 2017. Tese de Doutorado.

ROCHA, A. M.; LEAL, C. L. C. **Concentração espacial de fábricas de cutelaria em Arroio Grande – Santa Maria - RS: uma abordagem locacional.** GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 547-560, 2014.

ROTA MAPAS. **Distância entre cidades.** 2018.