

Otimização do processo operacional em uma empresa de segurança privada

Dhayanne de Oliveira Miranda dhayanne@gmail.com UNICURITIBA
Carlos Eduardo Vicente carlooseduardovicente8@gmail.com UNICURITIBA
Júlio César Ferreira juliof@unicuritiba.com.br UNICURITIBA

RESUMO

O trabalho consiste em utilizar a pesquisa operacional para a otimização de rotas em uma empresa de segurança patrimonial privada, localizada no município da Fazenda Rio Grande - PR. O objetivo é de otimizar o processo de roteirização nas rondas que são programadas mensalmente de acordo com a demanda a ser atendida diariamente. Foi desenvolvido um cenário otimizado com os endereços de condomínios que fazem parte da rota de vigilâncias diárias. Os dados foram extraídos do *Google Maps* e aplicados no *Excel®* e *software LINGO 18.0* a fim de solucionar o modelo matemático do Problema do Caixeiro Viajante (PCV). Foi possível encontrar um cenário com a proposta otimizada em 22,6% em relação à solução que é atualmente utilizada pela empresa.

PALAVRAS CHAVES

Operational Research. Problema do Caixeiro Viajante. Otimização.

1 INTRODUÇÃO

O termo Pesquisa Operacional (PO) originou-se em 1939 durante a segunda guerra mundial que na época buscava resolver os problemas das operações militares, através da credibilidade empresas começaram a utilizar o método que na época era considerada ciência administrativa. Com a utilização da PO é possível fazer levantamento de dados matemáticos que irão gerar possíveis oportunidades de melhorias que aplicadas estruturalmente em fases, poderão influenciar positivamente uma otimização nos processos de diferentes áreas dentro das organizações onde interligam e beneficiam todos os níveis que auxiliam as decisões nas áreas de tático, estratégico e operacional. (HILLIER e LIEBERMAN, 2010).

Pode-se dizer que a utilização da PO nos auxilia em resoluções de problemas, em diferentes tipos de segmentos, entre modelagem matemáticas e técnicas, otimização de processos, aumentar lucros e diminuir os custos, planejamento de sistemas, melhorar o grau de serviços e desenvolver uma estratégia competitivo.

O aumento da insegurança se agravou de acordo com as criminalidades que estão acontecendo no decorrer do tempo, havendo a necessidade de contratar novos meios para a segurança. A partir disso surgiu a empresa estudada neste artigo que além dos serviços ligados diretamente a segurança patrimonial, seja o patrimônio residencial ou empresarial, desenvolvem serviços combinados com tecnologia, oferecendo soluções com equipamento de monitoramento moderno e flexíveis onde auxiliam seus clientes a eliminar qualquer tipo de insegurança.

A empresa localizada no município de Fazenda Rio Grande - PR, está no mercado a mais de quatro anos, com foco em prestar serviços diferenciados, voltado em disponibilizar qualidade na relação com os seus clientes e parceiros, buscando sempre a capacitação constante de seus colaboradores, e satisfação, tranquilidade dos seus clientes.

Pretende-se aplicar o modelo matemático do Problema do Caixeiro Viajante (PCV) e *software* LINGO para definir as rotas, em outras palavras, sequenciar os pontos de demanda, dentro de cada rota a ser seguido com isso obter o melhor desenvolvimento para que todos os clientes sejam atendidos em um prazo menor de tempo.

A segurança é um dos direitos básicos do cidadão, cabe, então ao poder público prover a qualidade em segurança para a população, tendo em vista suas necessidades onde a violência urbana persiste como um dos mais graves problemas sociais no Brasil. Existem no mercado diversas empresas de segurança privativa, pela Lei Federal n.7.102/83 dispõe sobre segurança normas para a constituição funcionamento de empresas particulares que fazem serviços de segurança sendo regulamentado pelo Decreto n.89.056/83 e a Portaria de n.387/06 do Departamento da Polícia Federal dispõe as normas que são relacionadas às atividades de segurança privada no País.

A empresa pesquisada para o desenvolvimento desta pesquisa presta serviços à comunidade e empresas que necessitam de segurança complementar, onde os vigilantes ficam nas ruas realizando suas rotas programadas, observando residências e empresas que são desempenhadas com motos, e em alguns casos acionam um sinal auditivo. No tocante ato das realizações das rotas se faz necessário a utilização de ferramentas específica e de baixo custo para auxiliar a empresa há reduzirem o tempo e distância de suas vigilâncias diárias.

O objetivo desse trabalho é realizar uma avaliação da roteirização realizada pelos vigilantes, por meio de técnicas da PO a fim de reduzir custos e ganhar vantagem competitiva di-

ante dos concorrentes.

O artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 está a descrição do PCV; na seção 3 está a metodologia, na seção 4 são apresentados os resultados e, finalmente, na seção 5, as conclusões.

2 PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE

O problema do caixeiro viajante (PCV) é um dos tradicionais e conhecidos problemas, tem sido utilizado no experimento de diversos métodos de otimização por ser um problema de fácil compreensão, porém grande dificuldade de solução, sendo NP – difícil. (MOREIRA, 2010).

Segundo o grafo $G = (N, E)$ onde $N = \{1, \dots, n\}$ é o conjunto de nós e $E = \{1, \dots, m\}$ é o conjunto de arestas de G , e custos sendo C_{ij} , que são associados com cada aresta ligando os vértices i e j . De acordo com Goldberg e Luna (2005) o problema consiste em identificar qual o menor ciclo Hamiltoniano do grafo G . Esses nós são classificados como “cidades”, onde o objetivo real é visitar todas as cidades passando apenas uma vez por cada cidade e retornando ao ponto de origem, cujo esse percurso seja feito de forma a minimizar a distância percorrida.

Existem diversas formulações para esse problema que podem ser classificados como simétricos ou assimétricos. Será apresentada nesse artigo a formulação de Dantzig, Fulkerson e Johnson presente em Goldberg e Luna (2000) a mesma é apresentada por ser de fácil compreensão.

Sendo $G(N, A)$ o grafo do problema, representado o modelo por:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

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

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N \quad (5)$$

Onde:

C_{ij} : Custo do percurso da cidade i a cidade j (distância);

$X_{ij} = 1$ se arco $(i, j) \in A$, ou seja, for escolhido o caminho da cidade i até a cidade j para integrar a solução;

$X_{ij} = 0$, caso contrário;

S : Subgrafo G ;

$|S|$: Números de vértices do subgrafo S ;

A função objetivo é representada pela equação (1). As restrições indicadas em (2) é determinante que o fluxo de chegada em cada cidade j deva ser 1. As restrições indicadas em (3) é determinante que o fluxo de saída de cada cidade j deva ser 1. As restrições indicadas em (4) impõe a eliminação de sub-rotas. As restrições indicadas por (5) determinam que as variáveis sejam binárias, podendo assumir os valores de 0 ou 1. (HILLIER e LIEBERMAN, 2010).

3 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa aplicada porque visa contribuir para a solução dos reais problemas. Quantitativa pois traduz em números todos os dados necessários para analisar e obter conclusões. Exploratória porque visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com a finalidade de torná-lo mais explícito. O procedimento é o estudo de caso pois investiga um fenômeno atual o contexto da vida real. (PRODANOV e FREITAS, 2013).

No estudo de caso proposto a empresa oferece serviços de segurança patrimonial tanto para empresa privada quanto para residências. Possui aproximadamente um total de 500 clientes que ficam localizados em Curitiba e Região Metropolitana de Curitiba (RMC), visto que 30 destes precisam de monitoramento 24 horas/dia.

Atualmente a empresa conta com 6 funcionários que são caracterizados como (equipe tática) onde 4 deles são responsáveis em fazer as rondas pelos endereços diariamente, 1 fica de apoio acaso ocorra alguma ocorrência de emergência e 1 supervisor que é o responsável em fazer o controle dos mesmos. Atualmente a equipe é dividida por turnos, sendo que dois dos táticos são responsáveis em fazer as rondas no horário da manhã/tarde e outros dois responsáveis em fazer a ronda no horário da noite.

A empresa não possui no momento nenhum plano de roteirização previsto que direciona a equipe em qual endereço começar como primeira opção de rota e qual endereço precisa ser vistoriados por último no fim de cada turno. Para melhor obtenção de dados foi escolhido uma amostra de condomínios residenciais que compreende a 7 endereços localizados na RMC. Os dados obtidos se originaram pela localização da empresa, não foi apresentada a numeração dos endereços com fim de preservar a segurança dos mesmos como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Endereço da empresa e condomínios

EMP.COND	BAIRRO	RUA	
1	EMPRESA	EUCALIPTOS	AV. BRASIL
2	NAÇÕES UNIDAS	NAÇÕES	RUA LÍBIA
3	CENTRAL PARK	NAÇÕES	RUA ELITRÉIA
4	PÁSSAROS	GRALHA AZUL	RUA FRANCISCO DA COONCEIÇÃO MACHADO
5	JARDIM ALEGRE	EUCALIPTOS	RUA CAREJEIRA
6	VILA ROMANA	SANTA TEREZINHA	RUA MATINHOS
7	BELLE VILLE	SANTA TEREZINHA	RUA SANTO AGOSTINHO
8	AMÉRICA V	ESTADOS	RUA MACAPÁ

Fonte: Os autores.

Com base no Quadro 1, foi possível localizar todos os condomínios no *Google Maps*, pa-

ra melhor visualização dos endereços e posterior estudo da roteirização. Conforme citado anteriormente a empresa atende seus clientes por escala, sendo os dias corridos do mês, contando os fins de semana e feriados, fazendo o patrulhamento nos períodos da manhã, tarde e noite.

4 RESULTADOS

Para obter as distâncias e mapas para a representatividade dos diversos pontos de endereços foi utilizado o site *Google Maps*. Na sequência, os dados das distâncias foram compilados no *software Microsoft Excel®*, utilizadas na interface com *software LINGO 18.0 (Language for Interactive Optimizer)* onde foi possível obter a solução do modelo matemático do PCV.

Foi definido as distâncias entre os 7 endereços dos condomínios e, por se tratar de vias urbanas, não pode ser considerado que a menor distância entre os dois pontos seja em “linha reta”, os dados obtidos com a ferramenta *Google Maps* apresentam a distância viável a ser percorrida em um trajeto do ponto A ao ponto B. A Tabela 1 apresenta as distâncias entre os endereços.

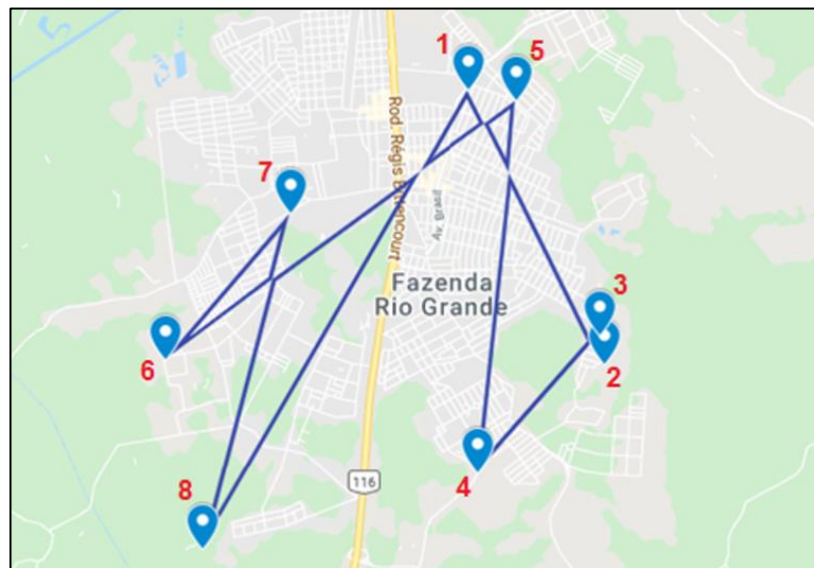
Tabela 1 - Distância entre os endereços

Endereços		Empresa	Cond	Cond	Cond	Cond	Cond	Cond	Cond
		1	2	3	4	5	6	7	8
Empresa	1	0	4,7	4,2	5,1	0,65	5,9	3,7	7,1
Cond	2	4,7	0	0,45	2,3	4,4	7,4	6	8
Cond	3	4,2	0,45	0	2,6	3,8	8,3	5,5	7,6
Cond	4	5,1	2,4	2,6	0	5,6	9,4	6,2	8,1
Cond	5	0,65	4,4	3,8	5,5	0	8,5	4	7,6
Cond	6	5,9	8,5	7,6	6,3	6,4	0	2,7	3,9
Cond	7	3,7	5,4	4,9	5,9	3,7	2,7	0	5,4
Cond	8	7,1	7,4	8,9	5	9,7	3,9	5,4	0

Fonte: Os Autores.

Os endereços que correspondem ao cenário atual têm a rota formada pela sequência (1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 1) que percorre uma distância de 37,5 quilômetros. A representação, na Figura 1, ilustra o percurso realizado.

Figura 1 - Representação do percurso atual



Fonte: Os autores.

Posteriormente foi aplicado o modelo matemático do PCV, sendo necessário desenvolver a modelagem do cálculo através do *software* LINGO com interface do *Excel*, fornecendo o resultado do roteiro otimizado apresentado na Figura 2. O roteiro do cenário otimizado é formado pelo percurso (1 - 7 - 6 - 8 - 4 - 2 - 3 - 5 - 1) que corresponde a 22,6 km.

Figura 2 – Dados na interface do *Excel*

Cluster								
End.	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	4,7	4,2	5,1	0,65	5,9	3,7	7,1
2	4,7	0	0,45	2,3	4,4	7,4	6	8
3	4,2	0,45	0	2,6	3,8	8,3	5,5	7,6
4	5,1	2,4	2,6	0	5,6	9,4	6,2	8,1
5	0,65	4,4	3,8	5,5	0	8,5	4	7,6
6	5,9	8,5	7,6	6,3	6,4	0	2,7	3,9
7	3,7	5,4	4,9	5,9	3,7	2,7	0	5,4
8	7,1	7,4	8,9	5	9,7	3,9	5,4	0

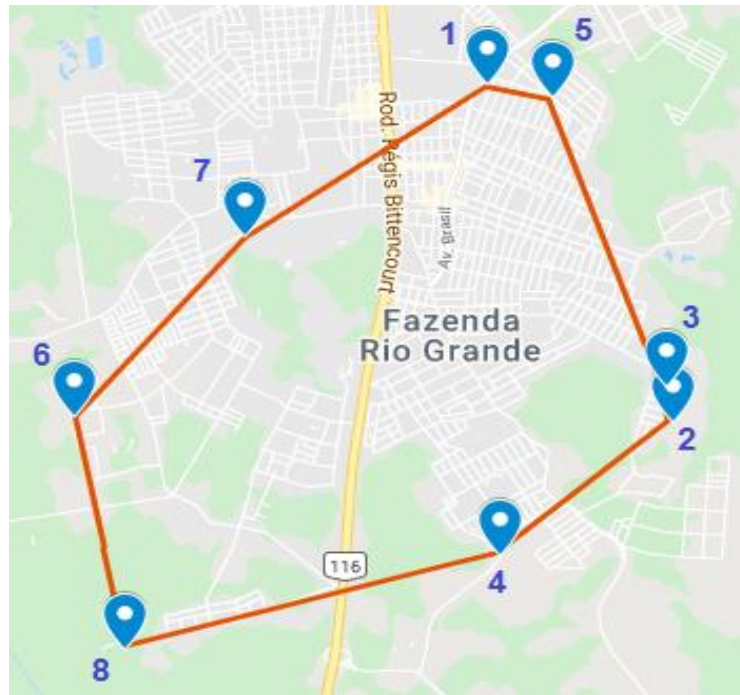
Solução								
End.	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	1	0	0	0	0

Total:	22,6
---------------	-------------

Fonte: Os autores.

A roteirização otimizada viabilizou melhorias consideráveis ao trajeto percorrido anteriormente, cuja distância do cenário otimizado é de 22,6 quilômetros. Obtendo o percentual do cenário atual com 37,5 quilômetros é possível afirmar que foi otimizado o percurso em 39,0%. A Figura 3 representa o roteiro do cenário otimizado.

Figura 3 - Representação do percurso otimizado



Fonte: Os autores.

Após a coleta de dados foi possível realizar um levantamento do cenário, referente aos gastos de insumos como, combustível e manutenção de acordo com a roteirização atual versus a otimizada, considerando o valor de depreciação de 20% do veículo e manutenção em 10%. Os dados da Tabela 2 são das rotas realizadas 3 vezes ao dia (manhã, tarde e noite).

Tabela 2 - Gastos com insumos

CENÁRIO ATUAL			CENÁRIO OTIMIZADO		
VALOR DA MOTOCICLETA	KM/ANO	KM/L	VALOR DA MOTOCICLETA	KM/ANO	KM/L
R\$ 10.720,00	1.350	35	R\$ 10.720,00	813,6	35

Fonte: Os autores.

A Tabela 3 apresenta o valor correspondente ao consumo de combustível para o cenário atual e a Tabela 4 para o caso do cenário otimizado. As Tabelas 5 e 6 correspondem aos custos de depreciação do veículo e manutenção.

Tabela 3 - Cenário Atual

GASTO COMBUSTÍVEL / DIA
(KM RODADO/L) * Valor do combustível
$(112,5/35) * 4,10 = 13,18 / \text{DIA}$

Fonte: Os autores.

Tabela 4 - Cenário Otimizado

GASTO COMBUSTÍVEL / DIA
(KM RODADO/L) * Valor do combustível
$(67,8/35) * 4,10 = 7,94 / \text{DIA}$

Fonte: Os autores.

Tabela 5 - Cenário Otimizado

DEPRECIÇÃO DO VEÍCULO
Valor depreciação = Valor de veículo - 20%
Valor depreciação = R\$ 10.720,00 - 20%
Valor depreciação anual = R\$ 2.144,00
Valor mensal = 178,66

Fonte: Os autores.

Tabela 6 - Cenário Otimizado

MANUTENÇÃO
Valor depreciação anual - 10%
Valor depreciação R\$ 2.144,00 - 10%
Valor mensal = R\$211,40

Fonte: Os autores.

Em relação ao gasto de com combustível no período de 12 meses pode-se notar que o percurso otimizado minimizou o custo em R\$536,40. Levando em consideração apenas os 7 endereços que foram otimizados e com o combustível com o valor fixo.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi desenvolvido como um estudo de acaso real, cuja proposta inicial pretende obter a otimização de rotas realizadas diariamente pela equipe tática da empresa, que oferece serviços de segurança privada e a possível redução de insumos através das técnicas da PO que envolveu a aplicação do método do PCV, sendo utilizado para encontrar a melhor solução para estabelecer rotas ótimas.

O objetivo inicialmente proposto foi alcançado com sucesso, visto que promove a otimização das rotas e diminuição de custos. A partir dos resultados obtidos, fica nítido a importância dos modelos matemáticos e *softwares* serem aplicados em resoluções de problemas reais que detém de inúmeras restrições e informações específicas. Uma vez que os dados obti-

dos do *Google Maps* foram admitidos para o desenvolvimento do estudo, os percursos e rotas podem ser afetados, como tráfego, congestionamento, bloqueios entre outros fatores.

No primeiro momento, foram identificados 7 endereços para a formação de rotas que demandam atendimento no município de Fazenda Rio Grande - PR. Em seguida a mesma passou por melhorias através do *Software* LINGO, onde obteve-se o resultado exato.

Em trabalhos futuros pretende-se analisadas outros roteiros localizados em Curitiba-PR e RMC, utilizar outras técnicas da PO, tais como outras abordagens matemáticas e procedimentos heurísticos.

RERERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 89.056, de 24 de novembro de 1983. Regulamenta a Lei nº 7.102, de 20 de junho de 1983, que "dispõe sobre segurança para estabelecimentos financeiros, estabelece normas para constituição e funcionamento das empresas particulares que exploram serviços de vigilância e de transporte de valores e dá outras providências". Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-89056-24-novembro-1983-439196-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 22 mai. 2021.

BRASIL. Lei nº 7.102, de 20 de junho de 1983. Dispõe sobre segurança para estabelecimentos financeiros, estabelece normas para constituição e funcionamento das empresas particulares que exploram serviços de vigilância e de transporte de valores, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7102-20-junho-1983-356931-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 22 mai. 2021.

BRASIL. Portaria nº 387/2006 - DG/DPF, de 28 de agosto de 2006. Disponível em: http://www.sindesprs.com.br/ups/portaria_387_2006_dg.pdf. Acesso em: 22 mai. 2021

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

GOOGLE MAPS. Disponível em: <https://maps.google.com.br> - Acessado em 21 de Nov. de 2020.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introdução à pesquisa operacional**. Porto Alegre: AMGH, 2010. 852p.

MOREIRA, D.A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. São Paulo: Thomson Learning, 2010.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Rio Grande do Sul: FEEVALE, 2013.