

UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL PARA OTIMIZAR AS ROTAS DE UM MOTORISTA AUTÔNOMO EM SÃO PAULO

Bruno Luis Xavier Santos - IFSP campus Suzano

bruno.luis.santos@hotmail.com

Guilherme Yudi Hirakawa - IFSP campus Suzano

yudihira@gmail.com

Prof. Dr. Adriano Maniçoba da Silva - IFSP campus Suzano

adrianoms@ifsp.edu.br

Prof. Me. Wilson Yoshio Tanaka - IFSP campus Suzano

w.tanaka@ifsp.edu.br

Resumo

A expansão dos grandes centros urbanos agregados com o aumento de veículos nas grandes cidades e a falta de estrutura viária são os principais fatores de congestionamento, pois as cidades não estão preparadas para essa expansão. A região metropolitana de São Paulo é um exemplo disso, os motoristas buscam rotas para fugir de congestionamentos e atrasos, além de buscar reduzir o tempo gasto no seu deslocamento e o custo com combustível. Dentro desse cenário, é evidente que as rotas estratégicas são rastreadas para otimização das rotas de um motorista em São Paulo.

Com os conceitos de Programação Linear e com o auxílio do Excel Solver, é possível montar o melhor modelo matemático e que atenda às suas funções e restrições de forma que consiga rastrear o melhor caminho, que economize mais tempo e gasolina. Os dados serão coletados a partir do motorista (Rota), no Google MAPS (rotas alternativas, tempo e trânsito) e no QUALP (cálculo da gasolina gasta por km), analisando dados quantitativos e qualitativos (fatores variáveis) a melhor forma de montar uma função objetivo e definir restrições.

Palavras-Chave: Transporte; Otimização de Rotas; Pesquisa Operacional.

Abstract

The expansion of urban areas with the increment of vehicles and the lack of structure in the larges cities are the main factors for traffic jam, because the cities are not prepared for this urban expansion. The São Paulo metropolitan area is an example, drivers are looking for alternatives routes to escape of traffic jam and delays, in addition to seeking to reduce the time spent commuting and the cost with fuel. Within this scenario, it is evident that strategic routes are tracked to optimize a driver's routes in São Paulo. With Linear Programming concept and Excel Solver software, it is possible to make the best mathematical model that meets its functions and restrictions so that it can track the best path, which saves more time and fuel. The data will be collected from the driver (Rota), Google MAPS (alternative routes, time and traffic) and QUALP (calculation of fuel spent per km), analyzing quantitative and qualitative data (variable factors) a best way to set up an objective function and define restrictions.

Keywords: Transport; Route Optimization; Operational Research.

1. Introdução

Com o surgimento de grandes metrópoles com grande concentração de pessoas, os centros urbanos são propícios à fenômenos caóticos, sendo que um dos problemas mais evidentes é o trânsito nas grandes cidades. A expansão urbana ligada com a dependência do automóvel, ocorreu de forma não planejada, gerando dificuldades devido à superlotação e desorganização dentro destes centros. (COSTA, 2003; CHIN, 2010).

Os congestionamentos são formados pela falta de planejamento nas instalações e sistemas de tráfegos nas cidades. Keršys (2011 apud Farias e Borenstein, 2014) cita fatores como: cruzamentos em locais de grande tráfego, falta de estacionamentos alternativos, ausência de vias de maiores velocidade, entre outros. Cooperando com tal problemática, o aumento da quantidade do transporte individual é a principal fonte de aumento dos congestionamentos, poluição do ar, consumo de energia e acidentes de trânsito (FARIAS; BORESTEIN, 2014).

Dentro deste cenário, encontra-se a cidade de São Paulo. De acordo com Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo – Detran, em 2012 havia cerca de 5,3 milhões de automóveis, em torno de 11,5% da frota brasileira. (DETRAN, 2012). Por conseguinte, a cidade encontra-se em colapso no que se refere à mobilidade, cabendo ressaltar as dificuldades enfrentadas por motoristas autônomos, que necessitam de meios para otimizar o tempo gasto no trânsito, assim como as longas distâncias percorridas. (CINTRA, 2014).

Apresentando como alternativa para a resolução da problemática apresentada, tem-se o conceito de Pesquisa Operacional (PO). A PO tem como objetivo auxiliar em processos de tomada de decisões e resoluções de problemas, auxiliando na identificação e na a formulação de um objetivo (que utiliza conceitos matemáticos e pesquisa de dados), a análise de limitações e a avaliação de alternativas. (MARINS, 2011).

A PO utiliza-se de recursos matemáticos, planejamento e organização de dados para organizar recursos, otimizar tempo, diminuir custos e maximizar lucros. Dentro do conceito de PO, encontra-se a Programação Linear (PL), cujo objetivo é encontrar soluções a partir da resolução de sistemas lineares. É uma ferramenta de planejamento (BERGER et al, 2003), utilizada em larga escala no mundo.

O presente estudo visa encontrar rotas alternativa para o trânsito da região metropolitana de São Paulo, de modo a levar em consideração as restrições, colhendo dados de um motorista autônomo da região de Suzano, como tempo de viagem e gastos com gasolina. Para o planejamento de tal estratégia, serão utilizados os conceitos de PO e PL para a elaboração da equação linear e se utilizará do software EXCEL para a resolução da problemática. O objetivo é encontrar a menor rota, com a

maior economia de tempo, no trajeto entre a cidade de Suzano e Itaquera, bairro da zona leste da cidade de São Paulo.

2. Revisão da literatura

2.1 Congestionamento e mobilidade na região metropolitana de São Paulo

Um dos problemas da região metropolitana de São Paulo, assim como de outras regiões metropolitanas no país, são os congestionamentos, que preocupam e afligem as pessoas todos os dias. O tempo gasto em deslocamento nas metrópoles faz com que as pessoas percam tempo e dinheiro, pois além de ficarem paradas nas vias, gastam mais com combustíveis. (BERTINI, 2005).

As regiões metropolitanas vivem hoje um excesso de veículos nas vias, nos quais se acumulam em períodos matutinos e vespertinos, em decorrência da ida e volta do trabalho. Com a baixa qualidade do transporte público, muitas pessoas optam por utilizar o transporte individual, aumentando sucessivamente a frota de carros no trânsito, gerando lentidão nas vias, gastos aos motoristas e perda de tempo a todos. Valente, Passaglia e Novaes (2008) apresentam que a precariedade do sistema de transportes gera atraso no desenvolvimento da nação e exemplifica que nos países desenvolvidos há eficácia em tal sistema. Faz-se necessário a criação de estratégias que visem o desenvolvimento, assim como o planejamento para erradicar tais problemáticas.

Cintra (2008) se atenta para o valor econômico que as horas desperdiçadas podem gerar na vida pessoal, da cidade e do país, além de destacar fatores como diminuição da qualidade de vida, pois gera o estresse, esgotamento físico e danos psicológicos, em virtude do trânsito.

Para o contorno destes problemas, muitos motoristas traçam rotas fora do que é comum, para diminuir tempo ou para diminuir gastos.

2.2 Pesquisa operacional

O conceito de PO surgiu durante a segunda guerra mundial, no qual cientistas ingleses foram convocados para discutir e propor estratégias em nome da defesa nacional,

utilizando de recursos limitados para tal. Os resultados obtidos desta pesquisa incentivaram a continuação da mesma pelos Estados Unidos, que após conclusão, denominou-se método simplex. (LISBOA, 2002). Com o fim da guerra, houve a expansão e atração do interesse da PO nas empresas de diversas áreas. (LISBOA, 2002).

Marins (2011) nos apresenta que a PO é de origem militar, e foi utilizado pela primeira vez pela Inglaterra na segunda guerra. O conceito é caracterizado como método para resolução de problemas através da observação, formulação do problema e construção do modelo científico.

No Brasil, a pioneira na utilização deste recurso foi a empresa Petrobrás, na década de 60, época em que foi fundado o primeiro órgão responsável pelo desenvolvimento e utilização das técnicas de pesquisa operacional, a SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional). (BARCELOS; EVANGELISTA; & SEGATTO, 2015).

Para Karsu e Morton (2015) a PO é utilizada no planejamento de estratégias que visam a alocação de recursos, otimização de tempo, organização de espaço, maximização de lucros, resolução de problemas e tomada de decisões, a partir de programação matemática com aplicação em problemas reais. É comumente utilizada em setores públicos e privados, nos quais auxilia com a gestão de recursos humanos e financeiros, programação matemática, com alto poder para se aplicar em problemas práticos. (KARSU; MORTON, 2015).

O processo de tomada de decisão, de acordo com Luche (2003), demanda tempo e é complexo. Em 1947, desenvolveu-se o método matemático Simplex, auxiliar as técnicas de PO e PL.

Dentro do conceito de PO destaca-se a utilização de modelos como facilitador do processo de análise e tomada de decisão. Eles permitem formular e experimentar uma proposta de solução. (MARINS, 2011).

Oliveira (2004) e Wernke (2007) ressaltam que a finalidade de estabelecer estratégias e planejar os caminhos, cursos e ações, que devem ser realizadas, a fim de se alcançar o objetivo final e superar os desafios encontrados. Além disso, cabe citar que o contexto no qual as empresas estão inseridas é competitivo, sendo necessário que elas se programem para atender às expectativas do mercado, assim como busquem garantir a satisfação de quem consome seus produtos e serviços.

2.3 Programação Linear

A programação linear auxiliou em 1947 no desenvolvimento de técnicas de otimização para a força aérea americana. (MENEZES, 2006). É um método de otimização usada geralmente na resolução de problemas, representados por expressões lineares. É uma área da Matemática aplicada que facilita o processo de tomada de decisões nos setores industriais, pois, há a possibilidade de verificação antes que seja implantada a resolução do problema (NETO; CAIXETA, 2009). De acordo com Lisboa (2002), a precisão dos resultados só se dará a partir da descrição confiável e precisa do comportamento real do sistema, ou seja, procura retratar um problema real.

A sua propagação levou o seu uso para diversos contextos, sendo inserida hoje no âmbito empresarial, utilizada para realocação de recursos escassos, minimização de custos e estratégias financeiras. (CORRAR; TEÓPHILO, 2004).

De Andrade (2004), afirma que para casos de insuficiência de recursos, deve-se encontrar soluções a fim de gerar uma melhor distribuição de recursos, tarefas e atividades, de modo que atinja os objetivos pré-estabelecidos. Nesse mesmo sentido, o autor propõe que inicialmente deve-se formular o problema, que se baseia em 3 pilares, sendo eles, a descrição exata dos objetivos, identificação das propostas de solução e reconhecer as limitações tanto do problema tanto para a solução. Após isso, deve-se elaborar o modelo matemático que é composto por uma função objetivo linear e restrições representadas por inequações lineares.

Mesmo após décadas, a programação linear cumpre o que propõe, sendo uma técnica eficiente. Ela faz parte da rotina industrial, sendo indispensável para o planejamento das empresas, utilizando de recursos limitados para maximizar os lucros ou minimizar custos produtivos. (PRADO, 2012).

2.4 Método Simplex

De Paula Eiras e De Andrade (1996) dizem que os métodos de otimização surgiram após ter a necessidade em escrever os problemas reais e complexidade de sistemas práticos no modelo matemático. Os sistemas e processos práticos citados, são influenciados por diversos fatores, e há a busca de uma combinação que possa

otimizar o sistema e apresentar a melhor resposta para o problema proposto. (MORGAN; BURTON; NICKLESS, 1990).

Os processos de otimização são caracterizados por serem divididos em etapas, sendo que elas são compostas pela função a ser observada, no qual se determinam os fatores internos e externos que podem influenciar a resposta final, e no fim, a otimização das variáveis em questão. (DE PAULA EIRAS; DE ANDRADE, 1996).

2.5 Excel SOLVER

O Solver pode ser descrito como um conjunto de ferramentas de análises hipotéticas, no qual se pode localizar um valor considerado ideal para uma fórmula em uma determinada célula dentro do software EXCEL. O programa trabalha com um conjunto de células, seja direta ou indiretamente, de modo que haja uma fórmula que é o destino final da resolução. Ele atua de forma que há alteração das variáveis especificadas no intervalo para proporcionar o resultado final que atenda melhor às restrições. (GOLDBARG; LUNA, 2000).

Techawiboonwong e Yenradee (2002) mostram que essas planilhas, auxiliam como ferramentas de apoio à tomada de decisões em problemas de planejamento. As planilhas eletrônicas são programas de computadores que possibilitam a realização de cálculos que auxiliam tanto na tomada de decisões quanto na aplicação prática do resultado, a partir da manipulação de listas, restrições e valores. (TECHAWIBOONWONG; YENRADEE, 2002).

3. Metodologia

No presente estudo, a rota a ser analisada é entre a cidade de Suzano (região metropolitana de São Paulo) e o bairro de Itaquera, situado na Zona Leste da cidade de São Paulo. Os pontos que serão considerados são: o tempo gasto em cada rota, o trânsito e o combustível (gasolina) gasto no trajeto. Além disso, foi analisado o trânsito entre 6:30 horas e 7:30 horas, que são os horários de maior intensidade e maior tempo gasto, devido ao horário de pico. Estes dados foram coletados do motorista em questão.

Para traçar as rotas alternativas, estimar o tempo gasto e o trânsito, utilizou-se o Google MAPS, que proporciona em tempo real estas informações. Além disso, utilizou-se o QUALP, um aplicativo que simula o gasto de gasolina por km em cada rota.

Para verificar qual a melhor rota, foi elaborado um modelo matemático que contenha as informações necessárias para se ter um resultado final que atenda aos requisitos iniciais. Foi definido que o tempo gasto, assim como o valor da gasolina (combustível) devem ser mínimos. Para isso, será utilizado o software EXCEL Solver, no qual serão estabelecidas os parâmetros e as restrições para que a rota atenda ao que foi proposto.

Este estudo foi realizado com base no método de pesquisa básica em relação à natureza, de forma que a abordagem da problemática foi realizada quantitativamente para fins de pesquisa exploratória. Todo o procedimento de pesquisa foi realizado com base em bibliografia, material já elaborado anteriormente e usado para comparação com os resultados obtidos na prática. Consistiu na análise de dados (quantitativo) e foram considerados fatores externos que podem alterar o resultado final (qualitativo). (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

4. Resultados

A partir da metodologia traçada, adquiriu-se os dados do motorista, para as rotas 1, 2 e 3, nos horários de 6h30m, 7h e 7h30m. Os dados podem ser observados nas tabelas e figuras abaixo.

Tabela 1. Dados referentes à Rota 1 em 3 horários

Horário	Tempo Mínimo Gasto (minutos)	Tempo Máximo (horas/minutos)	Gasto	Distância (km)	Gasolina (L)
6h60m	35	1h05m		34,3	2,3
7h00m	40	1h05m		34,3	2,3 - 2,5
7h30m	40	1h10m		34,3	2,5 - 3

Fonte: Google MAPS, 2019.

O percurso realizado na Rota 1 pode ser observado abaixo:

Pegue a Rodoanel Mário Covas via Av. Armando Salles de Oliveira e Rod. João Afonso de Souza Castellano.

Continue em Rodoanel Mário Covas. Pegue a Rod. Ayrton Senna até Av. Jacu Pêssego em São Paulo. Pegue a saída 24 via Rod. Ayrton Senna.

Continue em Av. Jacu Pêssego até seu destino em Cidade Antônio Estêvão de Carvalho, São Paulo

Pode-se observar a partir dos dados obtidos que há variação de tempo gasto entre os horários analisados, entretanto a distância percorrida é a mesma. Isso se deve ao fato de que nesses horários há maior incidência de carros nas vias, gerando maior trânsito e conseqüentemente maior tempo gasto.

Na Tabela 2 pode-se observar os dados referentes à rota 2.

Tabela 2: Dados referentes à Rota 2 em 3 horários

Horário	Tempo Mínimo Gasto (minutos)	Tempo Máximo (horas/minutos)	Gasto	Distância (km)	Gasolina (L)
6h30m	40	1h20m		22,8	1,5
7h00m	45	1h20m		22,8	1,8 - 2
7h30m	40	1h20m		22,8	1,8 - 2

Fonte: Google MAPS, 2019.

O percurso realizado na Rota 2 pode ser observado abaixo:

Pegue a R. Benjamin Constant até R. Regina CabalauMendonçaem Vila Bela Vista

Continue em R. Regina Cabalau Mendonça até seu destino em Cidade Antônio Estêvão de Carvalho, São Paulo.

Analisando os dados é possível observar que mesmo com o menor percurso e menor gasto com gasolina, a Rota 2 gasta mais tempo no trânsito, isso se deve ao fato de que há mais carros que utilizam essa rota, sobrecarregando as vias.

Na tabela 3 pode-se observar os dados referentes à rota 3.

Tabela 3: Dados referentes à Rota 3 em 3 horários

Horário	Tempo Mínimo Gasto (minutos)	Tempo Máximo (horas/minutos)	Gasto	Distância (km)	Gasolina (L)
6h30m	50	1h40m		42,5	3 - 3,2
7h00m	55	1h50m		42,5	3 - 3,5
7h30m	55	1h50m		42,5	3 - 3,5

Fonte: Google MAPS, 2019.

O percurso realizado na Rota 3 pode ser observado abaixo:

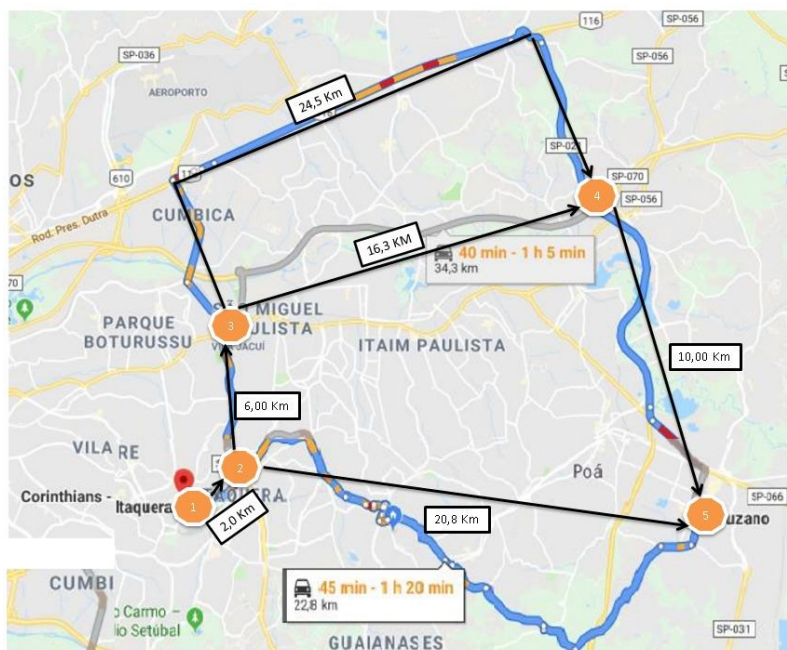
Pegue a Rodoanel Mário Covas via Av. Armando Salles de Oliveirae Rod.João Afonso de Souza Castellano;

Siga a Rodoanel Mário Covas e BR-116 até Rod. Pres. Dutra-Pista Lateral em Cumbica, Guarulhos. Pegue a saída de BR-116;

Pegue a Av. Santos Dumont, Rua Dr. Assis Ribeiro, Av. Jacu Pêssego e Av. Radial Leste até seu destino em Cidade Antônio Estêvão de Carvalho, São Paulo.

A rota 3 possui a maior distância, maior tempo gasto e maior gasto com gasolina. A partir das rotas traçadas, elaborou-se o modelo matemático para verificar qual rota pode atender as restrições exigidas. Na figura 1, pode-se observar o trajeto de todas as rotas, bem como os pontos de distribuição analisados.

Figura 1: Trajeto das 3 rotas



Fonte: Google MAPS, 2019.

Com base nas rotas, aplicaram-se as restrições necessárias para retornar o resultado que apresentasse a rota com maior viabilidade. Essas restrições são os caminhos percorridos até certo ponto, a distância entre cada ponto e a rota selecionada a partir disso. Na tabela 4, podem-se observar os dados.

Tabela 4: Distância entre cada ponto

De	Para	Distancia (km)	Rota selecionada
1	2	2,0	1
2	3	6,0	0
2	5	20,8	1
3	4	24,5	0
3	4	16,3	0
4	5	10,0	0

Fonte: Os autores, 2019.

A tabela 5 tem-se os valores de cada nó (ponto de distribuição), o valor de fluxo líquido (ponto no qual foi realizada a otimização da rota) onde -1 é o ponto de início e 1 o ponto de chegada, e por fim, os dados referentes à oferta e demanda, com base nos pontos iniciais e finais (chegada).

Tabela 5: Dados de pontos, fluxo líquido e oferta/demanda.

Nó	Fluxo líquido	Oferta/demanda
1	- 1	- 1
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	1	1

Fonte: Os autores, 2019.

A partir dos dados demonstrados nas tabelas, utilizou-se o software Excel Solver para auxiliar no processo de otimização, de forma que o programa devolve-se um valor (com base nas restrições e dados inseridos nas tabelas anteriores) que se atende ao que se esperava, qual a rota que proporcionava menor tempo gasto nesse trajeto (entre a cidade de Suzano e o bairro de Itaquera em São Paulo). Sendo a distancia total de 22,8 km.

5. Discussões

Analisando inicialmente as rotas e comparando com a literatura, pode-se perceber o caos que o congestionamento na região metropolitana de São Paulo é em determinadas rotas e horários, evidenciando o que Bertini (2005) trouxe em seus estudos. É possível verificar que entre os 3 horários analisados, o período entre 7h e 7h30m é o que possui maior tempo gasto nas 3 rotas, isso se deve ao fato de que é o horário com maior movimentação de carros na cidade de São Paulo, por anteceder o horário comercial na cidade em questão, ou seja, muitas pessoas saem para o trabalho/escola no tempo retratado, logo, há mais trânsito no trajeto analisado.

Esses fatores contribuem, não só para um maior gasto de tempo no percurso desses trajetos, mas também com maior gasto de gasolina, acarretando uma diminuição da qualidade de vida, no aumento do estresse e esgotamento físico do cidadão, como citado por Cintra (2008). Deve-se a isso, o estudo para otimizar a rota de um motorista na região metropolitana de cidade de São Paulo, podendo-se observar nas tabelas 1, 2 e 3 o tempo gasto em cada rota, o gasto com gasolina e a quilometragem de cada percurso. Na tabela 4, podemos verificar a distância entre cada ponto (evidenciado pela Figura 1) e ver a rota selecionada. Na tabela 5, podemos observar os pontos nos quais há a otimização da rota, assim como os pontos iniciais e finais. As tabelas 4 e 5 foram a base de dados para a aplicação no Solver, que retornou o valor da distância da rota ideal e que atendia a todas as restrições estabelecidas (Tabela 4).

A rota que possui maior viabilidade é a Rota 2, pois o resultado proporcionado pelo Solver foi o de 22,8 km que é a quilometragem do percurso da rota 2, atendendo a todos os fatores já citados.

Em comparação com as demais rotas, a mesma apresenta o tempo mínimo gasto semelhante ao da rota 1, com a vantagem de ter um percurso menor, e conseqüentemente gastar menos combustível. O valor gasto com essa variável foi calculado em aplicativo que relacionava o horário, o percurso e um carro simples.

Com isso, o resultado obtido foi satisfatório pois atendeu as restrições necessárias, utilizou-se dos recursos de PO e PL para ser realizado, proporcionando a resolução da função objetivo e auxiliando na tomada de decisão.

6. Conclusões

A PO e PL são utilizadas desde a segunda guerra mundial no auxílio a tomada de decisões, otimização de processos, maximização de recursos, entre outras aplicações. Ao longo da história foi se modificando e hoje é possível aplicar seu uso em grandes corporações, pequenas empresas e profissionais autônomos, para resolver problemas ou para minimizar custos.

Nesse estudo, analisou-se uma rota de um motorista no trajeto entre a cidade de Suzano e o bairro de Itaquera, na Zona Leste, selecionando 3 rotas, entre os horários de 6h30m e 7h30m a fim de encontrar a melhor rota para minimizar o tempo gasto no trânsito e o gasto com gasolina.

Com a aplicação do modelo matemático no software, encontrou-se que a rota que atendia melhor às exigências estabelecidas era a rota 2, com a menos distância percorrida e o menor gasto com gasolina.

É evidente que os recursos de PO e PL foram fundamentais para a realização do estudo, abrindo hipóteses para sugestões futuras, que podem se basear neste e aumentar o percurso, as rotas e aplicar mais variáveis de decisão, pois o programa atende à todos os requisitos propostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELOS, Bartholomeo Oliveira; EVANGELISTA, Mário Luiz Santos; SEGATTO, Sara Schafer. A importância e a aplicação da pesquisa operacional nos Cursos de graduação em Administração. RACE-Revista de Administração, Contabilidade e Economia, v. 11, n. 2, p. 381-405, 2012.

BERGER, Ricardo et al. Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. Floresta, v. 33, n. 1, 2003.

BERTINI, Roberto L. You are the traffic jam: An examination of congestion measures. In: 85th ANNUAL MEETING OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Washington, DC, Nov. 2005.

CHIN, Ryan. Sustainable urban mobility in 2020. The Futurist, v. 44, n. 4, p. 29, 2010.

CINTRA, Marcos. Os custos do congestionamento na capital paulista. Revista Conjuntura Econômica, v. 62, n. 6, p. 30-33, 2008.

CINTRA, Marcos. Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo. 2014.

CORRAR, Luiz; THEÓPHILO, Carlos Renato. Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração: contabilometria. 2004.

COSTA, Marcela da Silva. Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal. EESC/USP. São Paulo, 2003.

DE ANDRADE, Eduardo Leopoldino. Introdução À Pesquisa Operacional: Métodos E Modelos Para Análise de Decisões . Grupo Gen-LTC, 2004.

DE PAULA EIRAS, Sebastião; DE ANDRADE, Joao Carlos. O uso no SIMPLEX MODIFICADO COMO ESTRATEGIA DE OTIMIZAÇÃO EM QUÍMICA ANALÍTICA. 1996.

DETRAN. Departamento de Trânsito de São Paulo. (2012) Disponível em: <http://www.detran.sp.gov.br/wps/portal/sa-conteudo>. Acesso em maio de 2019.

FARIAS, E. S.; BORENSTEIN, D. Mobilidade urbana e transporte público: modelos e perspectivas a partir da Pesquisa Operacional. Revista eletrônica Pesquisa Operacional para o desenvolvimento. São Paulo. Vol. 6, n. 3 (set./dez. 2014), p. 385-409, 2014.

GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca L. Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos. Elsevier, 2005.

KARSU, Özlem; MORTON, Alec. Inequity averse optimization in operational research. European journal of operational research, v. 245, n. 2, p. 343-359, 2015.

KERŠYS, Artūras. Sustainable urban transport system development reducing traffic congestions costs. Inžinerinė ekonomika, p. 5-13, 2011.

LISBOA, Erico Fagundes Anicet. Pesquisa operacional. Apostila da disciplina. Rio de Janeiro–RJ, 2002.

LUCHE, J. R. D. Otimização na programação da produção de grãos eletrofundidos: Um estudo de caso. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

MARINS, F. A. S. Introdução a pesquisa operacional – São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-reitora de Graduação, 176 p, 2011.

MENEZES, Marco Antonio Figueiredo. Programação Linear. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, Departamento de Computação, 2006.

MORGAN, Edward; BURTON, Kenneth W.; NICKLESS, Graham. Optimization using the super-modified simplex method. Chemometrics and intelligent laboratory systems, v. 8, n. 2, p. 97-107, 1990.

NETO, Waldemiro Alcântara Silva; CAIXETA FILHO, José Vicente. Logística da exportação de carne bovina: uma aplicação em programação linear. Revista de Economia Mackenzie, v. 7, n. 3, 2009.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Planejamento estratégico: Conceitos, Metodologia e Práticas. 20ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

PRADO, D. Programação linear, vol. 1. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2012.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

TECHAWIBOONWONG, Atthawit; YENRADEE, Pisal. Aggregate production planning using spreadsheet solver: Model and case study. Science Asia, v. 28, n. 3, p. 291-300, 2002.

VALENTE, Amir Mattar; PASSAGLIA, Eunice; NOVAES, Antonio Galvão. Gerenciamento de transporte e frotas. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008

WERNKE, Rodney. Avaliação da rentabilidade dos segmentos de mercado com o uso dos conceitos de margem de contribuição e valor presente: estudo de caso em distribuidora de mercadorias de pequeno porte. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2007.