

## Uma reflexão sobre a Gestão de Estratégia de Operações e o Problema de Roteamento de Veículos

Júlio César Ferreira (PUCPR) [ferreira.julio@pucpr.edu.br](mailto:ferreira.julio@pucpr.edu.br)  
Maria Teresinha Arns Steiner (PUCPR) [maria.steiner@pucpr.br](mailto:maria.steiner@pucpr.br)  
Sérgio Eduardo Gouvêa da Costa (PUCPR) [s.gouvea@pucpr.br](mailto:s.gouvea@pucpr.br)

### Resumo:

Este artigo apresenta uma visão geral da relação entre a Gestão Estratégica de Operações (GEO), da área de Estratégica de Operações (EO) e o Problema de Roteamento de Veículos (PRV), da área de Pesquisa Operacional (PO), com o objetivo de detectar lacunas existentes na literatura para que possibilite novos avanços relacionados ao tema proposto. Com o protocolo de pesquisa aplicado na base de dados da SCOPUS foi obtida uma amostra de 67 artigos. Para isso, esta pesquisa aborda, sucintamente, o levantamento de algumas informações como dados bibliométricos e trabalhos mais citados da amostra. Por fim, pode-se concluir que a GEO e a PO são complementares, pois uma auxilia a outra para alcançarem um objetivo maior. Em trabalhos futuros pretende-se avaliar mais especificamente este elo neste e em outros contextos da PO e EO.

**Palavras chave:** Estratégia de Operações, Roteamento de Veículos, Pesquisa Operacional, *Survey*.

## A Reflection about Operations Strategy Management and the Vehicle Routing Problem

### Abstract:

This article presents an overview of the relationship between Operations Strategic Management (OSM), Operations Strategic (OS) and Vehicle Routing Problem (VRP), from the Operational Research (OR) area, with the objective of to detect existing gaps in the literature to allow new advances related to the proposed theme. With the research protocol applied in the SCOPUS database a sample of 67 articles was obtained. For this, this research briefly addresses the collection of some information such as bibliometric data and most cited works of the sample. Finally, it can be concluded that the OSM and the OR are complementary, since one helps the other to reach a greater objective. In future works we intend to evaluate this link more specifically in this and other contexts of the OR and OS.

**Key-words:** Operations Strategy, Vehicle Routing, Operational Research, Research, Survey.

### 1. Introdução

Tomar boas decisões é muito importante para a sobrevivência de qualquer empresa. Para isso, torna-se necessário um bom planejamento, definição de metas e estratégias para alcançar o objetivo definido. Essas decisões podem estar no nível estratégico, tático ou operacional, onde pode-se utilizar diversas ferramentas, tanto quantitativas como qualitativas.

Por outro lado, a Pesquisa Operacional (PO) trata de métodos científicos, do ponto de vista matemático, aplicados em problemas complexos como forma de auxílio na tomada de decisão, a fim de que seja factível e assertiva na efetiva alocação de recursos escassos (ARENALES et al. 2007).

O Problema de Roteamento de Veículos (PRV), amplamente estudado na área de PO, é de fácil entendimento e aplicação nas mais diversas áreas, tais como, indústria do petróleo ou alimentício. Assim, o PRV busca atender a um conjunto de clientes por meio de uma frota de veículos com uma capacidade de carga associada a cada veículo, uma demanda associada a cada cliente e um depósito central. Portanto, pode-se minimizar o tempo total do transporte ou alternativamente, a distância total percorrida (DANTZIG e RAMSER, 1959 e MATSUEDA et al. 2014).

Ao abordarmos a Gestão Estratégica de Operações (GEO), não podemos deixar de citar *Porter*, considerado um dos pais da estratégia, que relata que as operações eficazes não são uma estratégia, pois a estratégia baseia-se em atividades únicas. Em um contexto de posicionamento sustentável é necessário analisar-se os *trade-offs*, ou seja, deve ser competitivo e fácil de manter e por fim, deve-se a organização (empresa) deve-se renovar constantemente (PORTER, 1996).

O objetivo deste trabalho é realizar uma reflexão sobre a integração entre a EO e as aplicações do PRV, da área de PO. Para isso, foi realizada uma pesquisa e um subsequente levantamento de algumas informações a partir da amostra estabelecida.

Na seção 2 estão descritos sucintamente alguns conceitos relacionados à EO; na seção 3, está a descrição do PRV; na seção 4, a metodologia composta do protocolo de pesquisa; na seção 5, a obtenção e discussão dos resultados e, finalmente, na seção 6, estão as considerações finais deste artigo.

## 2. A importância da Estratégica de Operações nas organizações

Definir um planejamento para uma organização é crucial na sua manutenção ou progresso e uma decisão negligenciada ou também equivocada pode ser catastrófica. Por essa razão, a EO é tão relevante para as organizações. Nesse sentido, estabelecer uma definição ou verdade absoluta para a “estratégia” não é uma tarefa fácil.

Wheelwright e Hayes (1985) apresentam quatro estágios na definição da estratégia em um contexto de manufatura: a primeira busca minimizar os impactos negativos no ambiente interno; a segunda, uma neutralidade competitiva ou uma semelhança com os principais concorrentes; a terceira considera que a empresa pode “andar com as próprias pernas” e faz isso para se autopromover; por fim, a última etapa da estratégia está atrelada a sua capacidade produtiva.

Voss (2005) faz uma atualização da sua obra original *Alternative paradigms for manufacturing strategy*, publicada em 1995, onde aborda sobre a competição através da fabricação, escolhas estratégicas em fabricação e melhores práticas. O autor é bem reflexivo em sua obra e o seu conteúdo condiz muito com a realidade atual.

Outro ponto importante a ser discutido é que a estratégia de uma organização não está voltada apenas à manufatura, mas também para a prestação de serviços (BAINES e LIGHTFOOT, 2013 e SMITH et al. 2014), vertente ambiental (KLEINDORFER et al. 2005, KOPLIN et al. 2007 e BUNSE et al. 2011), esta fortemente relacionada as técnicas japonesas de produção e

otimização no âmbito da cadeia de suprimentos, fabril e hospitalar (LAMMING, 1996, SPEAR e BOWEN, 1999 e SPEAR, 2005), além de diversos outros contextos.

### 3. Problema de Roteamento de Veículos

Na literatura pode-se encontrar algumas abordagens matemáticas para resolver o PRV; aqui é apresentada uma modelagem matemática referente ao PRV Capacitado.

De acordo com Subramanian et al. (2013), a versão clássica do PRV, mais conhecida como Problema de Roteamento de Veículos Capacitado (PRVC) considera um único depósito, um único tipo de veículo (frota homogeneia)  $m$ , demanda de somente coleta ou somente entrega para todos os seus clientes e a matriz de custos é simétrica. A fim de simplificar a notação, o depósito será referenciado pelo índice 0,  $Q$  representa a capacidade dos veículos da frota heterogeneia e  $c_{ij}$  o custo de transporte entre o depósito e os clientes, ou ainda, entre os clientes.

O PRVC tem a finalidade de determinar um conjunto  $R$  de rotas para os veículos que começa e termina o seu roteiro em um depósito, a demanda de todos os seus clientes deve ser obrigatoriamente atendida pelos veículos, cada cliente deve ser atendido por somente um veículo e não se pode violar a capacidade de cada veículo. Sendo assim, a soma dos custos das operações de transportes realizadas deve ser minimizada.

Assim, se  $x_{ij}$  representa uma variável inteira que armazena o número de vezes que a aresta aparece em uma rota, ela poderá assumir o valor 2 no caso de a rota conter apenas um cliente. Considere  $V'$  como conjunto de clientes,  $S$  a soma da demanda de todos os clientes. Por fim, considere  $\bar{S}$  como sendo o conjunto complementar de  $S$ , onde foi incluído o depósito (com o rótulo correspondente a 0). A formulação matemática é apresentada de (1-6).

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V, j > i} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$S.a.: \sum_{i \in V, i < k} x_{ik} + \sum_{j \in V, j > k} x_{kj} = 2, \quad \forall k \in V' \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V'} x_{0j} = 2m \quad (3)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S, i < j} x_{ij} + \sum_{i \in \bar{S}} \sum_{j \in S, i < j} x_{ij} \geq 2e(S) \quad \forall S \subseteq V' \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall \{i,j\} \in E, i > 0 \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1,2\} \quad \forall \{0,j\} \in E \quad (6)$$

onde: em (1), a função objetivo, minimiza os custos totais de viagem. As restrições em (2) asseguram que cada cliente possui duas arestas incidentes. Em (3) tem-se que o número de arestas incidentes no depósito deve ser o dobro da quantidade de veículos  $m$ . O impedimento da formação de sub-rotas é apresentado nas restrições em (4). Por último, em (5) e (6) têm-se a definição das variáveis, para o caso de  $i > 0$  e de  $i = 0$ , respectivamente.

### 4. Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizadas buscas na base de dados da Scopus. Como protocolo de pesquisa foi utilizado: “strategic operations management” OR “strategic

operations” AND “vehicle routing problem” OR “vehicle routing”. Também foram consideradas as possíveis variações de sufixo nos termos utilizados. Assim, foram encontrados 114 documentos. Após restringir os termos de busca ao título, resumo e palavras-chave; tipo de documento como *Article e Review* e idioma inglês, a amostra ficou composta por 67 artigos.

Ficaram estabelecidos os seguintes critérios de aceite: (i) o resultado de pesquisa deve apresentar os termos ou estar relacionado a “strategic operations” e “vehicle routing”; e (ii) podem ser artigos de revisão da literatura, estudos bibliométricos, *survey*, modelagem matemática, melhoria de algoritmo ou estudos de caso relacionados ao tema aqui proposto. Por outro lado, ficaram estabelecidos os seguintes critérios de exclusão: (i) resultados de pesquisa não relacionados ao tema proposto; (ii) não possuir texto completo disponível; não houve exclusão de artigos.

## 5. Obtenção e discussão dos resultados

Foi aqui realizada a análise dos seguintes levantamentos com relação aos 67 artigos selecionados na amostra: quantidade de artigos publicados por ano; tipos de artigos; principais periódicos; países que mais publicaram; instituições que mais contribuíram; áreas do conhecimento; número de autores por artigo e trabalhos mais citados da amostra.

O Gráfico 1 apresenta a quantidade de artigos publicados sobre o tema proposto, onde pode-se observar uma tendência ascendente.

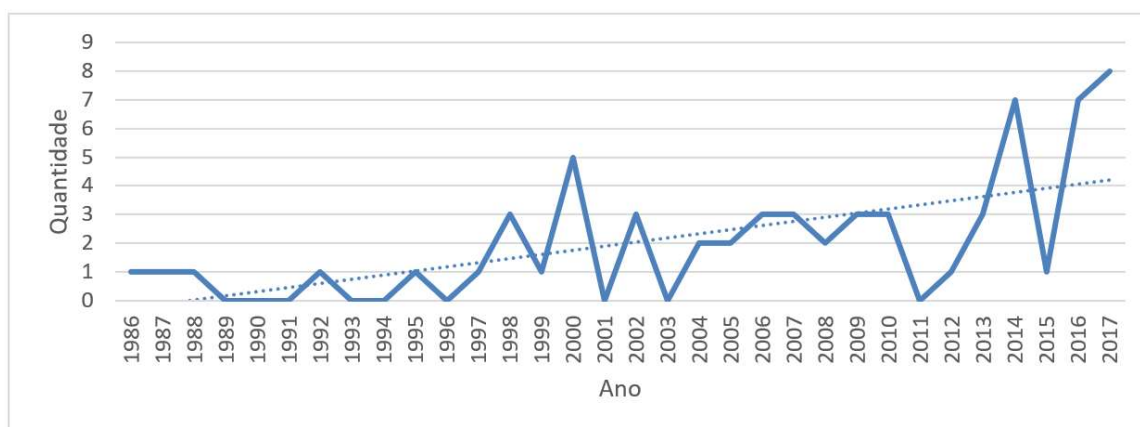


Gráfico 1 – Quantidade de artigos publicados por ano

Na amostra desta pesquisa constam dois artigos de revisão da literatura e 65 artigos de periódicos. A seguir, na Tabela 1, estão os periódicos utilizados na pesquisa.

| Periódicos                                                                  | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>European Journal of Operational Research</i>                             | 8          |
| <i>Computers and Operations Research</i>                                    | 7          |
| <i>Journal of the Operational Research Society e Transportation Science</i> | 4          |
| <i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>                | 3          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <i>Computers and Industrial Engineering, IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), Journal of Advanced Transportation, Mathematical Problems in Engineering, Omega (United Kingdom), Transportation Research Part B: Methodological, Transportation Research Part D: Transport and Environment e Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review</i> | 2 |
| Outros*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 |

Tabela 1 – Periódicos utilizados na pesquisa

Nota\*: *American Journal of Mathematical and Management Sciences, Applied Mathematical Modelling, Baltic Forestry, CIM Bulletin, Energies, Energy for Sustainable Development, Engineering Optimization, IEE Proceedings: Generation, Transmission and Distribution, INFOR, Ingenieria y Universidad, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, International Journal of Engineering Business Management, International Journal of Industrial Engineering Computations, International Journal of Logistics Research and Applications, International Journal of Production Research, International Transactions in Operational Research, Journal of Cleaner Production, Journal of Manufacturing Systems, Journal of Mathematical Modelling and Algorithms, Logistics Research, Military Operations Research, Modelling, Measurement and Control C, Operations Research, Operations Research for Health Care e Transportmetrica A: Transport Science.*

Os Estados Unidos e o Canadá foram os países que mais publicaram sobre o tema proposto com 21 e 9 artigos, respectivamente. A Figura 1 apresenta a quantidade de artigos por país para a amostra.

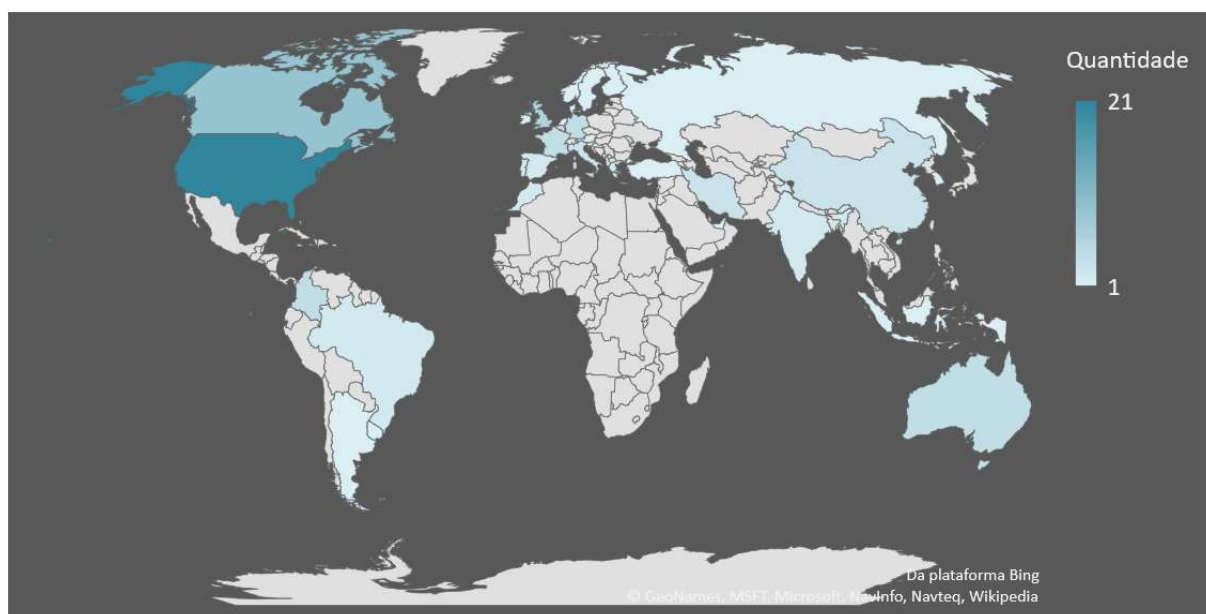


Figura 1 – Países que têm contribuído com a pesquisa

Na Tabela 2 são apresentadas as instituições onde os artigos foram desenvolvidos.

| Instituição                                                                                           | Quantidade |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Ecole Polytechnique de Montreal</i>                                                                | 5          |
| <i>Groupe d'etudes et de recherche en analyse des decisions GERAD</i>                                 | 4          |
| <i>Massachusetts Institute of Technology, University of Tehran e University of Missouri-St. Louis</i> | 3          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Universitat Oberta de Catalunya, UNESP-Universidade Estadual Paulista, University of Waterloo, Imperial College London, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Université de Technologie de Troyes, Virginia Polytechnic Institute and State University, University of Southern California, Universidade Federal de Minas Gerais e Universidad de La Sabana | 2 |
| Outros*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 |

Tabela 2 – Instituições que tem contribuído com a pesquisa

Nota\*: Baan Company, International Energy Initiative, United Parcel Service, HI Consulting Services Pty Ltd., National Gandhi Museum, Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Sinclair Knight Merz SKM, IT Curves, Metla, University of Westminster, Wirtschaftsuniversität Wien, Rochester Institute of Technology, National Technical University of Athens, London School of Economics and Political Science, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, INSEAD Europe, Instituto Superior Técnico, Nanyang Technological University, Bogazici Üniversitesi, University of Missouri-Columbia, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Universität Leipzig, Universidad Nacional del Litoral, Hong Kong University of Science and Technology, CSIRO Mathematical and Information Sciences, Institut polytechnique de Grenoble, Purdue University, University of Newcastle, Panepistimion Pireos, University of Kent, Wissenschaftliche Hochschule für Unternehmensführung, Islamic Azad University, Qazvin Branch, University of Texas at Austin, Beihang University, Université Ibn Zohr, Università degli Studi di Brescia, University of Kentucky, The University of Tennessee System, Shahed University, Università degli Studi di Napoli Federico II, Southwest University of Finance and Economics, Syddansk Universitet, Mohammed V University in Rabat, Georgia Institute of Technology, Høgskolen i Molde, University of Wisconsin Milwaukee, United States Air Force Institute of Technology, University of Maryland, West Virginia University, Polytechnion Kritis, University of Connecticut, Faculdade de Ciências e Tecnologia, New University of Lisbon, University of Massachusetts Boston, Hanyang University, University of Stirling, Hassan II University of Casablanca, The University of Sydney, Universität Wien, McKinsey and Company, Sveriges lantbruksuniversitet, Carnegie Mellon University, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Instituto Universitário de Lisboa ISCTE-IUL, University of Delhi, Karlsruhe Institute of Technology, Campus South, Rutgers, The State University of New Jersey, Petrozavodsk State University, Michigan State University, Tarbiat Modares University, University at Buffalo, State University of New York, Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Air Liquide, Naval Postgraduate School, Universidad Pública de Navarra, Pontificia Universidad Javeriana, Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa, Universidad de Los Andes, Universidad del Norte, American University of Beirut, Universitas Indonesia, University of the West Indies, Universidad de la República, Universidad Tecnológica de Pereira, Université de Bordeaux, Khalifa University of Science and Technology, Universidade de Lisboa, Ecole Nationale des Sciences Appliquées Kenitra, Universidad de la Costa, LG Display Co., Ltd. e IBM Ireland Limited.

O Gráfico 2 apresenta as áreas do conhecimento relacionadas aos artigos da amostra.

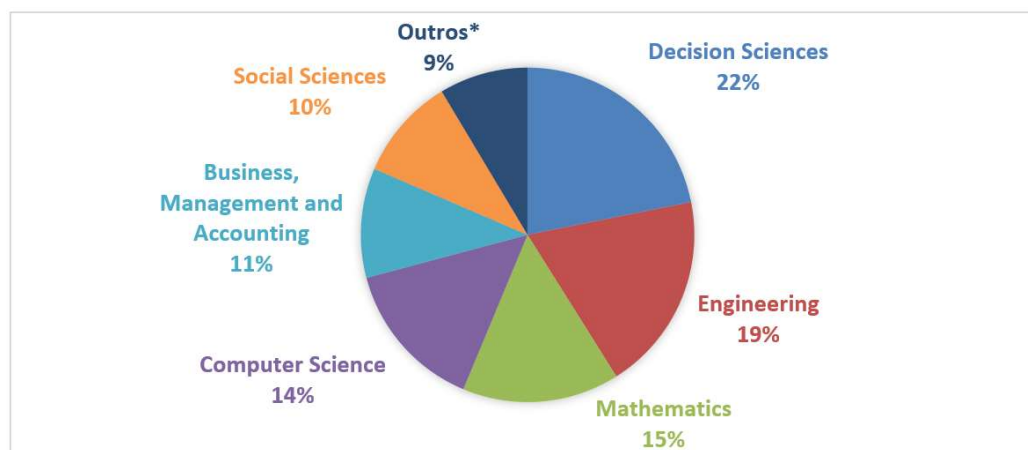


Gráfico 2 – Áreas do conhecimento

O Gráfico 3 apresenta o percentual da quantidade de autores nos artigos analisados. Pode-se observar que os artigos com 2 e 3 autores representam 71% da amostra.

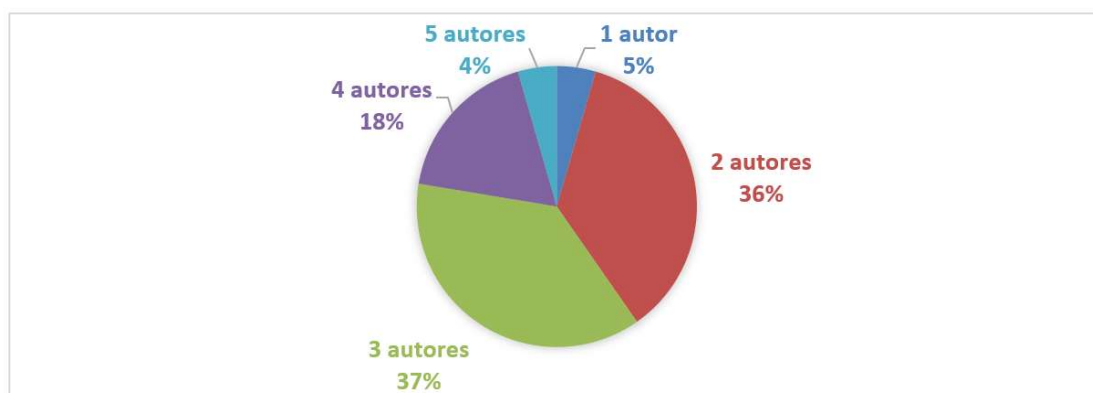


Gráfico 3 – Quantidade de autores por artigo

A Tabela 3 apresenta os 15 artigos mais citados; ela está organizada pelos autores, título, periódico e o número de citações. Os demais artigos utilizados no protocolo de pesquisa foram identificados no Apêndice.

| Autores                     | Título                                                                                                         | Periódico                                                       | Nº citações |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| Savelsbergh e Sol (1998)    | <i>Drive: Dynamic routing of independent vehicles</i>                                                          | <i>Operations Research</i>                                      | 192         |
| Prodhon e Prins (2014)      | <i>A survey of recent research on location-routing problems</i>                                                | <i>European Journal of Operational Research</i>                 | 163         |
| Lee et al. (2006)           | <i>Vehicle routing scheduling for cross-docking in the supply chain</i>                                        | <i>Computers and Industrial Engineering</i>                     | 140         |
| Sariklis e Powell (2000)    | <i>A heuristic method for the open vehicle routing problem</i>                                                 | <i>Journal of the Operational Research Society</i>              | 110         |
| Barbarosoglu e Ozgur (1999) | <i>A tabu search algorithm for the vehicle routing problem</i>                                                 | <i>Computers and Operations Research</i>                        | 109         |
| Horn (2002)                 | <i>Fleet scheduling and dispatching for demand-responsive passenger services</i>                               | <i>Transportation Research Part C: Emerging Technologies</i>    | 94          |
| Wassan e Osman (2002)       | <i>Tabu search variants for the mix fleet vehicle routing problem</i>                                          | <i>Journal of the Operational Research Society</i>              | 67          |
| Branke et al. (2005)        | <i>Waiting strategies for dynamic vehicle routing</i>                                                          | <i>Transportation Science</i>                                   | 63          |
| Shetty et al. (2005)        | <i>Priority-based assignment and routing of a fleet of unmanned combat aerial vehicles</i>                     | <i>Computers and Operations Research</i>                        | 61          |
| Balakrishnan et al. (1987)  | <i>Integrated facility location and vehicle routing models: Recent work and future prospects</i>               | <i>American Journal of Mathematical and Management Sciences</i> | 60          |
| Sambracos et al. (2004)     | <i>Dispatching of small containers via coastal freight liners: The case of the Aegean Sea</i>                  | <i>European Journal of Operational Research</i>                 | 57          |
| Ramos et al. (2014)         | <i>Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns</i> | <i>Omega (United Kingdom)</i>                                   | 55          |
| Ghiani e Improta (2000)     | <i>Efficient transformation of the generalized vehicle routing problem</i>                                     | <i>European Journal of Operational Research</i>                 | 55          |

|                              |                                                                                                |                                                 |    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|
| Mauttone e Urquhart (2009)   | <i>A route set construction algorithm for the transit network design problem</i>               | <i>Computers and Operations Research</i>        | 53 |
| Mourgaya e Vanderbeck (2007) | <i>Column generation based heuristic for tactical planning in multi-period vehicle routing</i> | <i>European Journal of Operational Research</i> | 51 |

Tabela 3 – Artigos mais citados da amostra

## 6. Conclusão

Foi aqui investigado sucintamente a relação entre o EO e o PRV, onde, por meio de um protocolo de pesquisa obteve-se 67 artigos, sendo posteriormente estratificadas algumas informações. Pode-se verificar uma ascendência na quantidade de publicações sobre o tema, comprovando a sua relevância. O *European Journal of Operational Research* e o *Computers and Operations Research* são os periódicos com o maior número de publicações.

Os Estados Unidos e o Canadá foram os países que mais se publicaram sobre o assunto. A *Ecole Polytechnique de Montreal*, no Canadá, foi a instituição com o maior número de contribuições. Quanto as áreas do conhecimento, foi verificado uma boa distribuição, onde não houve uma dominância significativa de determinada área. Cerca de 71% da amostra teve dois ou três autores, o que não deixa claro se a pesquisa está voltada a grupos de pesquisa.

Percebeu-se dominância de periódicos voltados à área de PO. Por fim, pode-se concluir que a GEO e a PO são complementares, pois uma auxilia a outra para alcançarem o objetivo maior. Em trabalhos futuros pretende-se avaliar de forma mais específica este elo como, por exemplo, a importância da GEO na modelagem matemática, em problemas de escalonamento, em problemas de localização de facilidades e em outros problemas de Otimização Combinatória.

## Referências

- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANESSE, H. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.W. *Servitization of the manufacturing firm: Exploring the operations practices and technologies that deliver advanced services*. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(1), 2-35, 2013.
- BALAKRISHNAN, A.; WARD, J. E.; WONG, R. T. *Integrated facility location and vehicle routing models: recent work and future prospects*. *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, 7(1-2), 35-61, 1987. <https://doi.org/10.1080/01966324.1987.10737207>
- BARBAROSOGLU, G.; OZGUR, D. *A tabu search algorithm for the vehicle routing problem*. *Computers & Operations Research*, 26(3), 255-270, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(98\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(98)00047-1)
- BRANKE, J.; MIDDENDORF, M.; NOETH, G.; DESSOUKY, M. *Waiting strategies for dynamic vehicle routing*. *Transportation Science*, 39(3), 298-312, 2005. <https://doi.org/10.1287/trsc.1040.0095>
- BUNSE, K.; VODICKA, M.; SCHÖNSLEBEN, P.; BRÜLHART, M.; ERNST, F.O. *Integrating energy efficiency performance in production management e gap analysis between industrial needs and scientific literature*. *Journal of Cleaner Production*, 19(), 667-679, 2011.
- DANTZIG, G.B.; RAMSER, J.H. *The truck dispatching problem*. *Management Science*, 6(), 80-91, 1959.
- GHIANI, G.; IMPROTA, G. *An efficient transformation of the generalized vehicle routing problem*. *European Journal of Operational Research*, 122(1), 11-17, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00073-9)
- HORN, M. E. T. *Fleet scheduling and dispatching for demand-responsive passenger services*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 10(1), 35-63, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(01\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(01)00003-1)

- KLEINDORFER, P.R.; SINGHAL, K.; WASSENHOVE, L.N.V.** *Sustainable Operations Management*. Production and Operations Management, 14(4), 482-492, 2005.
- KOPLIN, J.; SEURING, S.; MESTERHARM, M.** *Incorporating sustainability into supply management in the automotive industry e the case of the Volkswagen AG*. Journal of Cleaner Production, 15 (), 1053-1062, 2007.
- LAMMING, R.** *Squaring lean supply with supply chain management*. International Journal of Operations & Production Management, 16(2), 183-196, 1996.
- LEE, Y. H.; JUNG, J. W.; LEE, K. M.** *Vehicle routing scheduling for cross-docking in the supply chain*. Computers & Industrial Engineering, 51(2), 247-256, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2006.02.006>
- MATSUEDA, L.C.O.; FREITAS, A.R.R.; GUIMARÃES, F.G.** *Seleção de objetivos no problema de roteamento de veículos com janelas de tempo*. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Salvador-BA, 16 a 19 de Setembro de 2014.
- MAUTTONE, A.; URQUHART, M. E.** *A route set construction algorithm for the transit network design problem*. Computers & Operations Research, 36(8), 2440-2449, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2008.09.014>
- MOURGAYA, M.; VANDERBECK, F.** *Column generation based heuristic for tactical planning in multi-period vehicle routing*. European Journal of Operational Research, 183(3), 1028-1041, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.030>
- PORTER, M.** *What is strategy?* Harvard Business Review, 6(), 61-78, 1996.
- PRODHON, C.; PRINS, C.** *A survey of recent research on location-routing problems*. European Journal of Operational Research, 238(1), 1-17, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.005>
- RAMOS, T. R. P.; GOMES, M. I.; & BARBOSA-PÓVOA, A. P.** *Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns*. Omega, 48, 60-74, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.11.006>
- SAMBRACOS, E., PARAVANTIS, J., TARANTILIS, C., & KIRANOUDIS, C.** *Dispatching of small containers via coastal freight liners: The case of the Aegean Sea*. European Journal of Operational Research, 152(2), 365-381, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00030-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00030-4)
- SARIKLIS, D.; & POWELL, S.** *A heuristic method for the open vehicle routing problem*. Journal of the Operational Research Society, 51(5), 564-573, 2000. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600924>
- SAVELSBERGH, M.; SOL, M.** *Drive: dynamic routing of independent vehicles*. Operations Research, 46(4), 474-490, 1998. <https://doi.org/10.1287/opre.46.4.474>
- SHETTY, V. K.; SUDIT, M.; NAGI, R.** *Priority-based assignment and routing of a fleet of unmanned combat aerial vehicles*. Computers & Operations Research, 35(6), 1813-1828, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.09.013>
- SMITH, L.; MAULL, R.; NG, I.C.L.** *Servitization and Operations Management: A Service-Dominant Logic Approach*. International Journal of Operations & Production Management, 34(2), 242-269, 2014.
- SPEAR, S.** *Fixing Healthcare from the Inside, Today*. Harvard Business Review, sept(), 1-15, 2005.
- SPEAR, S.; BOWEN, H.K.** *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Harvard Business Review, set/out(), 96-106, 2005.
- SUBRAMANIAM, A.; PENNA, P.H.V.; OCHI, L.S.; SOUZA, M.J.F.** *Um algoritmo heurístico baseado em iterated localtion search para problemas de roteamento de veículos*. In: LOPES, H. S.; RODRIGUES, L. C. A.; STEINER, M. T. A. (eds.) Meta-Heurísticas em Pesquisa Operacional. Ed. Omnipax, Curitiba, PR, 2013.
- VOSS, C. A.** *Alternative paradigms for manufacturing strategy re-visited*. International Journal of Operations & Production Management, 25(12), 1223-1227, 2005.
- WASSAN, N. A.; OSMAN, I. H.** *Tabu search variants for the mix fleet vehicle routing problem*. Journal of the Operational Research Society, 53(7), 768-782, 2002. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601344>
- WHEELWRIGHT, S.C.; HAYES, R.H.** *Competing Through Manufacturing*. Harvard Businnes Review, 99-109, 1985.

## Apêndice

A seguir, a lista complementar dos artigos utilizados na amostra de pesquisa que não estão contemplados nas referências deste trabalho.

**AGUSTINA, D.; LEE, C. K. M.; PIPLANI, R.** *A review: mathematical models for cross docking planning*. International Journal of Engineering Business Management, 2, 13, 2010. <https://doi.org/10.5772/9717>

**ANGELELLI, E.; BIANCHESSI, N.; MANSINI, R.; SPERANZA, M. G.** *Short term strategies for a dynamic multi-period routing problem*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 17(2), 106–119, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2008.02.001>

**ANGELOUDIS, P.; HU, J.; & BELL, M. G. H.** *A strategic repositioning algorithm for bicycle-sharing schemes*. Transportmetrica A: Transport Science, 10(8), 759–774, 2014. <https://doi.org/10.1080/23249935.2014.884184>

**BACHMANN, R.; LANGEVIN, A.** *A vehicle routing cost evaluation algorithm for the strategic analysis of radial distribution networks*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 45(1), 50–60, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2008.02.009>

**BIAN, Z.; LIU, X.** *A real-time adjustment strategy for the operational level stochastic orienteering problem: A simulation-aided optimization approach*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 115, 246–266, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.05.004>

**BOOKBINDER, J. H.; REECE, K. E.** *Vehicle routing considerations in distribution system design*. European Journal of Operational Research, 37(2), 204–213, 1988. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90330-X](https://doi.org/10.1016/0377-2217(88)90330-X)

**BOWERS, J.; LYONS, B.; MOULD, G.** *Developing a resource allocation model for the Scottish patient transport service*. Operations Research for Health Care, 1(4), 84–94, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2012.10.002>

**BOŽIĆ, Z.; HOBSON, E.** *Urban underground network expansion planning*. IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution, 144(2), 118, 1997. <https://doi.org/10.1049/ip-gtd:19970850>

**BOZORGI-AMIRI, A.; KHORSI, M.** *A dynamic multi-objective location–routing model for relief logistic planning under uncertainty on demand, travel time, and cost parameters*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 85(5–8), 1633–1648, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7923-3>

**BURKS, R.** *Solving the theater distribution problem with tabu search*. Military Operations Research, 15(4), 2010. <https://doi.org/10.5711/morj.15.4.5>

**CHUAH, K. H.; YINGLING, J. C.** *Routing for a just-in-time supply pickup and delivery system*. Transportation Science, 39(3), 328–339, 2005. <https://doi.org/10.1287/trsc.1040.0092>

**FARROKHVAR, L.; ELLIS, K.; ARBOGAST, J.** *Allocation of bulk tanks to improve industrial gas distribution to customers with time varying demand*, 2017. [https://doi.org/10.23773/2017\\_2](https://doi.org/10.23773/2017_2)

**FENG, Y.; ELLIS, K. P.; CRAWFORD, C. W.** *Trailer fleet planning for industrial gas distribution*. IIE Transactions, 46(12), 1329–1342, 2014. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2014.905737>

**GAMACHE, M.; COHEN, P.; GRIMARD, R.; BIGRAS, L.-P.** *Fleet management system for underground mines*. CIM Bulletin, 97(1077), pp. 66–70, 2004.

**GERASIMOV, Y.; SOKOLOV, A.; FJELD, D.** *Improving cut-to-length operations management in Russian logging companies using a new decision support system*. Baltic Forestry, 19(1), pp. 89–105, 2013.

**GOVINDAN, K.; DARBARI, J. D.; AGARWAL, V.; JHA, P. C.** *Fuzzy multi-objective approach for optimal selection of suppliers and transportation decisions in an eco-efficient closed loop supply chain network*. Journal of Cleaner Production, 165, 1598–1619, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.180>

**HADJICONSTANTINOU, E.; BALDACCI, R.** *A multi-depot period vehicle routing problem arising in the utilities sector*. Journal of the Operational Research Society, 49(12), 1239–1248, 1998. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600641>

**HAUGHTON, M. A.** *The performance of route modification and demand stabilization strategies in stochastic vehicle routing.* Transportation Research Part B: Methodological, 32(8), 551–566, 1998.

[https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(98\)00017-4](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(98)00017-4)

**HEYDAR, M.; YU, J.; LIU, Y.; PETERING, M. E. H.** *Strategic evacuation planning with pedestrian guidance and bus routing: a mixed integer programming model and heuristic solution: Evacuation with Pedestrian Guidance and Bus Routing.* Journal of Advanced Transportation, 50(7), 1314–1335, 2016.

<https://doi.org/10.1002/atr.1403>

**HIASSAT, A.; DIABAT, A.; RAHWAN, I.** *A genetic algorithm approach for location-inventory-routing problem with perishable products.* Journal of Manufacturing Systems, 42, 93–103, 2017.

<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.10.004>

**JANG, W.; NOBLE, J. S.; & HUTSEL, T.** *An integrated model to solve the winter asset and road maintenance problem.* IIE Transactions, 42(9), 675–689, 2010. <https://doi.org/10.1080/07408171003705375>

**JESSOP, A.; POLAK, J. W.** *Towards expert systems for goods distribution management.* IFAC Proceedings Volumes, 20(3), 109–113, 1987. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)55883-8](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)55883-8)

**JUAN, A.; MENDEZ, C.; FAULIN, J.; DE ARMAS, J.; GRASMAN, S.** *Electric vehicles in logistics and transportation: a survey on emerging environmental, strategic, and operational challenges.* Energies, 9(2), 86, 2016. <https://doi.org/10.3390/en9020086>

**KECHMANE, L.; NSIRI, B.; BAALAL, A.** *Optimization of a two-echelon location lot-sizing routing problem with deterministic demand.* Mathematical Problems in Engineering, 2018, 1–12, 2018.

<https://doi.org/10.1155/2018/2745437>

**LARDINOIS, C.; CRAINIC, T. G.; DION, J.** *An interactive graphic approach for the integrated design of intercity transportation timetables and vehicle operations.* Computers & Operations Research, 19(2), 139–149, 1992. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(92\)90088-M](https://doi.org/10.1016/0305-0548(92)90088-M)

**LI, H.; YUAN, J.; LV, T.; CHANG, X.** *The two-echelon time-constrained vehicle routing problem in linehaul-delivery systems considering carbon dioxide emissions.* Transportation Research Part D: Transport and Environment, 49, 231–245, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.002>

**LI, L.; LO, H. K.; XIAO, F.; CEN, X.** *Mixed bus fleet management strategy for minimizing overall and emissions external costs.* Transportation Research Part D: Transport and Environment, 60, 104–118, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.001>

**MANZINI, R.; ACCORSI, R.; BORTOLINI, M.** *Operational planning models for distribution networks.* International Journal of Production Research, 52(1), 89–116, 2014.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2013.828168>

**MARINAKIS, Y.; MARINAKI, M.** *A Bilevel Genetic Algorithm for a real life location routing problem.* International Journal of Logistics Research and Applications, 11(1), 49–65, 2008.

<https://doi.org/10.1080/13675560701410144>

**MARKOVIĆ, N.; NAIR, R.; SCHONFELD, P.; MILLER-HOOKS, E.; MOHEBBI, M.** *Optimizing dial-a-ride services in Maryland: Benefits of computerized routing and scheduling.* Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 55, 156–165, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.01.011>

**MOURÃO, M. C.; ALMEIDA, M. T.** *Lower-bounding and heuristic methods for a refuse collection vehicle routing problem.* European Journal of Operational Research, 121(2), 420–434, 2000.

[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00045-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00045-4)

**MOUSAVI, S. M.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.; JOLAI, F.** *A possibilistic programming approach for the location problem of multiple cross-docks and vehicle routing scheduling under uncertainty.* Engineering Optimization, 45(10), 1223–1249, 2013. <https://doi.org/10.1080/0305215X.2012.729053>

**MOUSAVI, S. M.; VAHDANI, B.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.; HASHEMI, H.** *Location of cross-docking centers and vehicle routing scheduling under uncertainty: A fuzzy possibilistic-stochastic programming model.* Applied Mathematical Modelling, 38(7–8), 2249–2264, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.10.029>

**MUÑOZ-VILLAMIZAR, A. F.; MONTOYA-TORRES, J. R.; HERAZO-PADILLA, N.** *Mathematical programming modeling and resolution of the location-routing problem in urban logistics.* Ingenieria y Universidad, 18(2), 271, 2014. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.IYU18-2.mpmr>

- NAHRY, S. S. *Optimal scheduling of public transport fleet at network level*. Journal of Advanced Transportation, 34(2), 297–323, 2000. <https://doi.org/10.1002/atr.5670340207>
- OUHADER, H.; EL KYAL, M. *Combining facility location and routing decisions in sustainable urban freight distribution under horizontal collaboration: how can shippers be benefited?* Mathematical Problems in Engineering, 2017, 1–18, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8687515>
- PASHA, U.; HOFF, A.; HVATTUM, L. M. *Simple heuristics for the multi-period fleet size and mix vehicle routing problem*. INFOR: Information Systems and Operational Research, 54(2), 97–120, 2016. <https://doi.org/10.1080/03155986.2016.1149314>
- PERRIER, N.; LANGEVIN, A.; CAMPBELL, J. F. *A survey of models and algorithms for winter road maintenance. Part I: system design for spreading and plowing*. Computers & Operations Research, 33(1), 209–238, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.07.006>
- PERRIER, N.; LANGEVIN, A.; CAMPBELL, J. F. *A survey of models and algorithms for winter road maintenance. Part II: system design for snow disposal*. Computers & Operations Research, 33(1), 239–262, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.07.007>
- PERRIER, N.; LANGEVIN, A.; CAMPBELL, J. F. *A survey of models and algorithms for winter road maintenance. Part III: Vehicle routing and depot location for spreading*. Computers & Operations Research, 34(1), 211–257, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.05.007>
- QUINTERO-ARAUJO, C. L.; CABALLERO-VILLALOBOS, J. P.; JUAN, A. A.; MONTOYA-TORRES, J. R. *A biased-randomized metaheuristic for the capacitated location routing problem*. International Transactions in Operational Research, 24(5), 1079–1098, 2017. <https://doi.org/10.1111/itor.12322>
- REDDY, A. K. N.; ANAND, Y. P.; D'SA, A. *Energy for a sustainable road/rail transport system in India*. Energy for Sustainable Development, 4(1), 29–44, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60230-6](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60230-6)
- SCHIFFER, M.; WALTHER, G. *The electric location routing problem with time windows and partial recharging*. European Journal of Operational Research, 260(3), 995–1013, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.01.011>
- SCHIFFER, M.; WALTHER, G. *Strategic planning of electric logistics fleet networks: A robust location-routing approach*. Omega, 80, 31–42, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.09.003>
- TORO, E. M.; FRANCO, J. F.; ECHEVERRI, M. G.; GUIMARÃES, F. G. *A multi-objective model for the green capacitated location-routing problem considering environmental impact*. Computers & Industrial Engineering, 110, 114–125, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.013>
- TORO, E. M.; FRANCO, J. F.; ECHEVERRI, M. G.; GUIMARÃES, F. G.; GALLEGOS RENDÓN, R. A. *Green open location-routing problem considering economic and environmental costs*. International Journal of Industrial Engineering Computations, 203–216, 2017. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2016.10.001>
- TRICOIRE, F.; PARRAGH, S. N. *Investing in logistics facilities today to reduce routing emissions tomorrow*. Transportation Research Part B: Methodological, 103, 56–67, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.03.006>
- WEBB, I. R.; LARSON, R. C. *Period and phase of customer replenishment: A new approach to the Strategic Inventory/Routing problem*. European Journal of Operational Research, 85(1), 132–148, 1995. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)E0232-M](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)E0232-M)
- WINKENBACH, M.; KLEINDORFER, P. R.; SPINLER, S. *Enabling urban logistics services at la poste through multi-echelon location-routing*. Transportation Science, 50(2), 520–540, 2016. <https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0624>
- YILDIZ, H.; JOHNSON, M. P.; ROEHRIG, S. *Planning for meals-on-wheels: algorithms and application*. Journal of the Operational Research Society, 64(10), 1540–1550, 2013. <https://doi.org/10.1057/jors.2012.129>
- ZHONG, H.; HALL, R. W.; DESSOUKY, M. *Territory planning and vehicle dispatching with driver learning*. Transportation Science, 41(1), 74–89, 2007. <https://doi.org/10.1287/trsc.1060.0167>