INTERFACE TECNOLÓGICA

APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA MAXIMIZAÇÃO DE LUCRO EM UMA EMPRESA DE TRANSPOSTES DE CARGAS

LINEAR PROGRAMMING APPLICATION FOR MAXIMIZING PROFIT IN A LOAD TRANSPORT COMPANY

Joyce Baptista – joyce.baptista@gmail.com
Karla Raquel Rosa – k.r.rosa@outlook.com
Paulo Henrique Benedeti – paulohbenedeti@gmail.com
Carla Regina Lanzotti – carla.lanzotti@fatecbb.edu.br
Oswaldo Lázaro Mendes – oswaldo.lazaro@fatecbb.edu.br
Faculdade de Tecnologia de Bebedouro (Fatec) – Bebedouro – São Paulo – Brasil
DOI: 10.31510/infa.v17i1.838

RESUMO

O objetivo principal é demostrar, através de simulação, como a utilização eficiente e eficaz da frota disponibilizada para transporte, pode impactar diretamente nos custos e consequentemente no resultado da empresa. O estudo de caso será feito em uma transportadora da região de São José do Rio Preto – SP. Para realização deste trabalho, utilizou-se pesquisa bibliográfica em livros e em artigos da internet e a resolução do problema proposto se deu por meio da planilha eletrônica, Microsoft Excel e da sua ferramenta de otimização, Solver. Como resultado foi apresentado a melhor alocação de veículo por rota, gerando assim um lucro ótimo para a empresa. Conclui-se que as ferramentas computacionais e conhecimentos de programação linear são importantes no auxílio a tomada de decisão pelos gestores das empresas de transporte.

Palavras-chave: Solver. Transporte. Roteirização.

ABSTRACT

The main objective is to demonstrate, through simulation, how the efficient and effective use of the fleet made available for transportation can directly impact costs and, consequently, the company's results. The case study will be carried out on a carrier in the region of São José do Rio Preto - SP. To carry out this work, bibliographical research was used in books and articles on the internet and the proposed problem was solved using the electronic spreadsheet, Microsoft Excel and its optimization tool, Solver. As a result, the best vehicle allocation per route was presented, thus generating an optimal profit for the company. It is concluded that the computational tools and knowledge of linear programming are important in helping decision making by the managers of the transport companies.

INTERFACE TECNOLÓGICA

Keywords: Solver. Transport. Scripting

1 INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário brasileiro é responsável pelo escoamento desde produções agrícolas a simples encomendas, em outras palavras, é o maior meio de transporte de cargas do país, sendo essencial para economia e desenvolvimento da nação (VALENTE *et al,* 2016).

A estrutura, respeitável quando comparada a outros grandes países, gera em torno de 6,56 trilhões em participação no PIB (Produto Interno Bruto), segundo dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em março de 2018, com um crescimento de 1% em 2017, após quedas consecutivas desde 2014 (CNT, 2018).

O ano de 2017, também foi marcado, pelo aumento do número de veículos nas rodovias concessionadas em 1,9%, resultando em um crescimento de 2,2% no fluxo de veículos leves e 1,1% no tráfego de veículos considerados pesados, segundo divulgação da CNT (Confederação Nacional de Transporte), em 2018.

Considerando a proporção do transporte através das rodovias, é evidente o impacto dos custos envolvidos em tal processo, no preço final de produtos e serviços. Consequentemente, controlar tais custos torna-se um fator fundamental para tomada de melhores decisões, para assegurar a concorrência no mercado e garantir satisfação dos clientes (BALLOU, 2006).

Seguindo os pensamentos de Valente *et al.*, (2016), há inúmeros fatores que dificultam à maximização da eficiência nos processos logísticos, por exemplo, a complexidade técnica em gerenciamento de frotas e programação dos serviços de transporte; os avanços tecnológicos de sensoriamento remoto ainda muito recentes; insegurança e resistência a mudança. Além de uma enorme deficiência de ferramentas e sistemas computacionais a custos acessíveis que auxiliem no planejamento e execução das operações logísticas.

O presente artigo tem como objetivo demostrar como o uso de ferramentas acessíveis como o Microsoft Excel com a sua ferramenta Solver otimizam o processo de alocação de veículos por rota, gerando assim maiores lucros nas empresas de transporte.

Os dados foram fornecidos por uma empresa da região de São José do Rio Preto interior de São Paulo, atuante no ramo de transporte rodoviário de cargas, através de documentos, sendo que esses dados foram modelados matematicamente e simulados no Solver gerando assim, resultados otimizados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fundamentação teórica permite explorar assuntos sobre o tema. Será abordado neste tópico: gerenciamento de transporte e frotas de caminhões; métodos de pesquisa operacional para a tomada de decisão; programação linear e o método simplex; e maximização de lucro, isto porque estes assuntos fundamentam o projeto e permitem compreender melhor o assunto abordado.

2.1 Gerenciamento de transporte e frotas de caminhões

Definida por Valente *et al.,* (2016), a atividade de gerenciar frotas ou um conjunto de veículos pertencentes a alguém é denominada "gerenciamento de frotas". Devido à alta representatividade do transporte rodoviário na economia brasileira, gestores logísticos buscam constantemente eficiência e melhoria no nível de serviço oferecido.

O Brasil é o país que tem a maior concentração rodoviária de transporte de cargas e passageiros entre as principais economias mundiais, 58% do transporte é feito por rodovias. A malha rodoviária é utilizada para o escoamento de 75% da produção, seguida pela marítima (9,2%), aérea (5,8%), ferroviária (5,4%), cabotagem (3%) e hidroviária (0,7%), de acordo com a pesquisa de custos logísticos no Brasil em 2017, da Fundação Dom Cabral.

É através do transporte realizado pelos veículos que as entradas financeiras são geradas, assumindo para uma transportadora, a função de principal equipamento na geração de receitas. A frota de uma empresa representa uma grandeza em sua atividade, numericamente, os custos envolvidos variam de acordo com cada caso, mas é evidente sua participação nos resultados obtidos, ressaltando a importância de controle e gerenciamento dessa atividade (FIGUEIREDO et al, 2009).

Dias (2017), aponta que o gerenciamento de transporte corresponde as atividades de movimentar produtos, escolher o melhor roteiro e a melhor utilização da capacidade de transporte, assim como, controlar os custos envolvidos. As escolhas relacionadas ao seu planejamento impactam diretamente na redução de custos, nos ganhos em economia de escala e na garantia de nível de serviço.

INTERFACE TECNOLÓGICA

O caminhão é um equipamento de grande importância para o transporte no cenário interno atual, segundo Valente et al., (2016, p.67) “qual o veículo ideal para atender a determinada necessidade de transporte? ”, é a questão a ser respondida através de levantamento de dados e análises para a melhor tomada de decisão. Os autores destacam algumas etapas a serem seguidas:

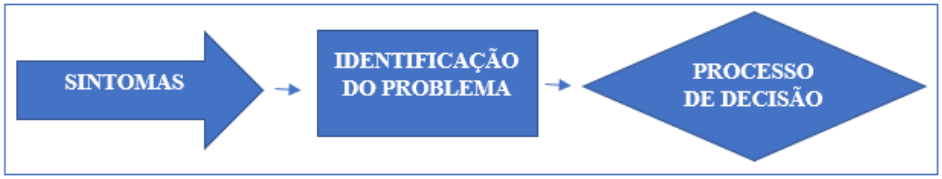
1. Problema: definir e caracterizar detalhadamente o problema com relação às características da carga, do transporte e das rotas;
2. Alternativa: exposição do conhecimento técnico dos profissionais responsáveis, estudo das alternativas de solução;
3. Avaliação: análise dos fatores relacionados a investimentos, custos de operações e aspectos técnicos;
4. Escolha: finalmente é feita a comparação com todos os levantamentos e a escolha entre as alternativas, além da análise de vantagens e desvantagens técnicas de cada opção disponível.

2.2 Métodos de Pesquisa Operacional para tomada de decisão

Originada de operações militares a Pesquisa Operacional (P.O) é composta pelo “uso de técnicas e métodos qualitativos por equipes interdisciplinares, no esforço de determinar a melhor utilização de recursos limitados e para programação otimizada das operações” Andrade (2014, p.1), e tem características multidisciplinar. Conforme segue o autor, também se utiliza de modelos que possibilitam melhor avaliação da decisão antes de ser efetivamente implantada.

A tomada de decisão é objetivo principal dentro dos estudos de P.O., a Figura 1 mostra o início de tal processo:

Figura 1. Início do processo de tomada de decisão:



Fonte: Adaptado de Andrade, 2014.

De forma simplificada a Pesquisa Operacional baseia-se em resoluções de problemas e otimização de processos usando modelos matemáticos. Sua aplicação pode ocorrer através da programação linear, que busca melhor aproveitamento do tempo e de recursos, visando minimizar os custos e maximizar os resultados, considerando as restrições envolvidas no processo. Para Enomoto (2005), a solução otimizada em problemas de roteirização e programação de veículos, pode diminuir o custo de transporte levando uma economia significativa para a empresa distribuidora, e consequentemente, para o consumidor final.

Para que a empresa alcance seus objetivos planejar-se estrategicamente, interna e externamente, é primordial. Um dos grandes objetivos almejados por gestores logísticos é otimizar os custos para maximizar o aproveitamento dos recursos de transporte. Para isso é fundamental identificar a melhor rota, reduzir tempo e distância, gerando uma relação lucrativa com foco no atendimento das necessidades do cliente e garantindo o nível de serviço oferecido (BALLOU, 2006).

2.3 Programação Linear e o método Simplex

A programação linear é uma ferramenta da P.O., que visa minimizar os custos envolvidos e maximizar os resultados, considerando todas as restrições envolvidas no processo. É composta pelo problema de programação linear (PPL), definido por Lachtermacher (2009), como um problema de programação matemática onde os objetivos e restrições são lineares: “otimizar o sujeito”.

Caixeta-Filho (2009), entende a programação linear como um aprimoramento da técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversão sucessiva de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa relacionada com um comportamento que deve ser otimizado.

A resolução de programação linear através de planilhas eletrônicas, vem ganhando muitos adeptos, principalmente pela facilidade de utilização. As mais utilizadas são o *Excel* da *Microsoft*, o *Lotus* da *IBM* e o *Quattro-Pro* da *Corel*. No Brasil, a ferramenta mais popular é o *Excel,* foco do presente estudo (LACHTERMACHER, 2009).

Para Andrade (2014), a modelagem de problemas de alocação de recursos segue 3 etapas: formulação do problema; definição de variáveis/montagem do modelo e relações matemáticas/resolução do modelo. Quando se tem a condição de resolver um problema de

programação linear, o Método Simplex auxilia no entendimento e escolha de qual sistema de equações deve ser resolvido, e se o próximo sistema a ser resolvido, fornecerá uma solução melhor que as anteriores. Além de identificar uma solução ótima, uma vez que se tenha encontrado.

2.4 Maximização do lucro

Segundo o Jornal da Economia & Finanças (2013) a lógica da maximização de lucros implica que a função oferta da empresa competitiva tem de ser uma função crescente do preço do produto e a função demanda de cada fator tem, de ser uma função decrescente do seu preço. Algumas pessoas acreditam que o objetivo da empresa é sempre a maximização do lucro. Para alcançar essa meta, o gerente financeiro tomaria apenas as ações que gerassem uma grande contribuição esperada para o total dos lucros esperados pela organização. Para cada alternativa considerada, deveria ser selecionada a que ocasionasse o maior resultado monetário esperado.

A empresa é o agente econômico que transforma fatores produtivos e bens intermédios em bens, ou seja, é o agente econômico que leva a cabo a produção. O objetivo último da empresa é a maximização do lucro, a diferença entre as receitas provenientes da venda dos seus produtos e os custos derivados da remuneração dos fatores produtivos e bens intermédios utilizados na produção. (SILVA, 2012).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa deste trabalho é exploratória, devido ao fato que essa pesquisa permite explorar o problema, permitindo com isto levantar hipóteses. Geralmente essa de pesquisa pode ter um levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas que possuem experiência sobre o problema pesquisado, ou análise de exemplos que permitam compreender o assunto. (GIL, 2007). Essas pesquisas podem ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso (GIL, 2007).

Também será utilizado a pesquisa quantitativa que permite quantificar os dados e resultados levantados. Sobre à pesquisa quantitativa pode-se afirmar que:

> “Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas

> representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente" (Fonseca, 2002, p. 20).

Os dados fornecidos pela empresa foram modelados matematicamente e simulados através da ferramenta Solver do Excel. A empresa de médio porte fornecedora dos dados possui grande movimentação de caminhões e rotas, sendo que para este estudo foi disponibilizado 40 rotas, 3 modalidades de caminhões (6, 7 e 9 eixos), demanda mínima de transporte para cada rota e oscilações de quantidades de viagens por mês (podendo ser 1, 2 ou 3 viagens por dia por rota), sendo que o transporte no mês deve abranger um total de 70 mil e 696 toneladas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 tem-se o desenvolvimento da planilha com a roteirização, considerando as possibilidades de cada rota para cada tipo de caminhão com os seus determinados lucros oriundos da subtração de receitas menos despesas:

Tabela 1 – Rotas e lucros conforme o tipo de caminhão

LUCRO (FRETE - CUSTO)				
Rota		**6 Eixos**	**7 Eixos**	**9 Eixos**
A	D	7,38	7,81	9,11
A	E	7,01	7,35	8,26
A	F	2,65	2,80	3,27
A	G	20,73	21,92	25,57
B	H	8,46	8,95	10,44
B	I	15,96	16,87	19,68
B	J	7,96	8,41	9,81
B	K	7,69	8,13	9,49
B	L	3,66	3,81	4,41
B	M	10,74	11,36	13,25
C	N	4,55	4,73	5,48
C	O	6,94	7,34	8,56
C	P	4,29	4,51	5,24
C	Q	3,00	3,14	3,65

C	R	4,44	4,66	5,42
C	S	3,84	4,04	4,69
C	T	3,49	3,67	4,26
C	U	3,69	3,88	4,51
C	V	12,13	12,76	14,85
C	X	5,30	5,55	6,44

Fonte: Autores

Tabela 2 – Rotas e lucros conforme o tipo de caminhão Continuação)

LUCRO (FRETE - CUSTO)				
Rota		**6 Eixos**	**7 Eixos**	**9 Eixos**
C	Y	4,31	4,49	5,19
C	W	8,44	9,25	11,21
C	Z	7,43	8,14	9,87
C	AA	9,26	10,15	12,30
C	AB	7,73	8,14	9,47
C	AC	9,77	10,33	12,05
C	AD	5,71	6,01	7,00
C	AE	9,63	10,16	12,28
C	AF	6,01	6,58	7,98
C	AG	2,89	3,17	3,84
C	AH	6,39	7,03	8,59
C	AI	3,36	3,55	4,14
C	AJ	7,72	8,46	10,27
C	AK	6,06	6,51	7,74
C	AL	6,69	7,20	8,54
C	AM	4,73	5,00	5,83
C	AN	3,21	3,45	4,09
C	AO	7,83	8,41	9,99
C	AP	4,11	4,41	5,24
C	AQ	16,71	19,39	24,10

Fonte: Autores

As Tabelas 3 e 4 mostram as demandas e as quantidades de viagens por mês considerando 21 dias úteis de acordo com os dados informados pela empresa de transporte que o caminhão consegue fazer para cada rota:

Tabela 3 – Demanda e Viagens Mês por Rota

Rota		**Demanda a Ser Atendida**	**Viagens Mês**
A	D	7004	21,00

A	E	4415	21,00
A	F	4385	63,00
A	G	4343	21,00
B	H	4174	21,00
B	I	4107	21,00
B	J	2882	21,00
B	K	2826	21,00
B	L	2438	63,00
B	M	2420	21,00

Fonte: Autores

Tabela 4 – Demanda e Viagens Mês por Rota (continuação)

Rota		Demanda a Ser Atendida	Viagens Mês
C	N	2255	42,00
C	O	1798	42,00
C	P	1759	42,00
C	Q	1713	42,00
C	R	1683	42,00
C	S	1631	42,00
C	T	1580	42,00
C	U	1548	42,00
C	V	1210	21,00
C	X	1150	42,00
C	Y	1084	42,00
C	W	1012	21,00
C	Z	938	21,00
C	AA	907	21,00
C	AB	873	21,00
C	AC	869	21,00
C	AD	849	21,00
C	AE	840	21,00
C	AF	840	42,00
C	AG	787	42,00
C	AH	786	21,00
C	AI	768	42,00
C	AJ	708	21,00
C	AK	696	21,00
C	AL	684	21,00
C	AM	639	42,00
C	NA	638	42,00
C	AO	511	21,00
C	AP	483	42,00

C	AQ	463	21,00

Fonte: Autores

Nas Tabelas 3 e 4 foram acertados os números de dias dependo da quantidade de viagens possíveis por dia, sendo 21 quanto for uma viagem por dia, 42 quando puder ocorrer duas viagens por dia e 63 quando a possibilidade é de três viagens por dia naquela rota.

A Tabela 5 mostra que o Solver cumpre o seu papel para encontrar o melhor custo benefício, sendo a maximização de lucro, com o direcionamento de qual caminhão utilizar para cada rota, atendendo a demanda de forma integral.

Tabela 5 – Modelagem

MODELAGEM					
Rota		**6 Eixos**	**7 Eixos**	**9 Eixos**	**Demanda Atendida**
A	D	5924,00	1080,00	0,00	7004,00
A	E	4415,00	0,00	0,00	4415,00
A	F	0,00	4385,00	0,00	4385,00
A	G	0,00	0,00	4343,00	4343,00
B	H	0,00	4174,00	0,00	4174,00
B	I	0,00	0,00	4107,00	4107,00
B	J	0,00	2882,00	0,00	2882,00
B	K	0,00	2826,00	0,00	2826,00
B	L	0,00	0,00	2438,00	2438,00
B	M	0,00	0,00	2420,00	2420,00
C	N	2255,00	0,00	0,00	2255,00
C	O	0,00	0,00	1798,00	1798,00
C	P	0,00	1759,00	0,00	1759,00
C	Q	1712,00	0,00	1,00	1713,00
C	R	0,00	1683,00	0,00	1683,00
C	S	1631,00	0,00	0,00	1631,00
C	T	1580,00	0,00	0,00	1580,00
C	U	1548,00	0,00	0,00	1548,00
C	V	0,00	0,00	1210,00	1210,00
C	X	0,00	0,00	1150,00	1150,00
C	Y	1084,00	0,00	0,00	1084,00
C	W	0,00	0,00	1012,00	1012,00
C	Z	0,00	0,00	938,00	938,00
C	AA	0,00	0,00	907,00	907,00
C	AB	873,00	0,00	0,00	873,00
C	AC	0,00	0,00	869,00	869,00
C	AD	849,00	0,00	0,00	849,00
C	AE	0,00	0,00	840,00	840,00

C	AF	0,00	0,00	840,00	840,00
C	AG	0,00	787,00	0,00	787,00
C	AH	0,00	786,00	0,00	786,00
C	AI	768,00	0,00	0,00	768,00
C	AJ	0,00	0,00	708,00	708,00
C	AK	0,00	696,00	0,00	696,00
C	AL	0,00	684,00	0,00	684,00
C	AM	0,00	631,00	8,00	639,00
C	AN	0,00	638,00	0,00	638,00
C	AO	0,00	511,00	0,00	511,00
C	AP	0,00	0,00	483,00	483,00
C	AQ	0,00	0,00	463,00	463,00

Fonte: Autores

A Tabela 6 mostra os resultados dos caminhões que a empresa possui com relação aos sugeridos pelo Solver para utilização do atendimento às rotas, bem como o lucro obtido no melhor e pior caso.

Tabela 6 – Frota Disponível x Frota Sugerida melhor e pior caso

FROTA DISPONÍVEL		Capacidade Toneladas	Frota Sugerida Ótima	Frota Sugerida Pior Caso
CARRETA (6 EIXOS)	**58**	27	31	58
BI-TREM (7 EIXOS)	**25**	34	25	25
RODOTREM (9 EIXOS)	**23**	43	23	6
		Lucro R$	630.387,24	564.493,42

Fonte: Autores

A partir da modelagem obtida foi possível aferir através do Solver que é mais rentável para a transportadora utilizar a totalidade de seus caminhões 9 e 7 eixos e o restante ficando a encargo dos de 6 eixos. A diferença obtida gira em torno de 11,67%, ou seja, de R$ 65.893,82 ao mês entre o melhor caso e o pior caso, sendo se o transporte se realizasse durante um ano o valor seria por volta de R$ 790.725,84, sendo esse considerável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado na Tabela 6 os veículos de 9 e depois de 7 eixos possuem uma preferência devido ao seu alto desempenho em relação à tonelada e a lucratividade. A

ferramenta também possibilitou verificar quais caminhões atendem determinas rotas, o que facilita a roteirização e o controle.

A maior dificuldade deste problema em relação a problemas clássicos de rede de transportes foi acertar uma fórmula para chegar a função objetivo devido à quantidade de viagens não ser a mesma dependendo da rota utilizada.

Conclui-se que é fundamental a utilização de ferramentas computacionais como a planilha Excel e sua ferramenta de otimização, Solver, no auxílio a tomada de decisão pelos gestores das empresas de transporte rodoviário para encontrar melhores saídas e ter um controle mais eficiente da sua logística, obtendo assim maiores lucros, e desse modo, fortalecendo a posição da transportadora em relação aos seus concorrentes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2014

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial.** 4ªEdição, Porto Alegre: Bookman, 2006.

CAIXETA-FILHO, J. V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2009.

CNT. **Transporte Saiu da Recessão, mas recuperação ainda é lenta, 2018.** Disponível em <http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/transporte-saiu-recessao-recuperacao-ainda-lenta> Acesso em 20/01/2020.

DIAS, M. A. **Introdução a logística/fundamentos, práticas e integração**. São Paulo: Atlas, 2017.

ENOMOTO, L. M. **Análise da Distribuição Física e Roteirização de um Atacadista do Sul de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Itajubá. 2005.

FIGUEIREDO, K. F., FLEURY, P. F., WANKE, P. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento do fluxo de produtos e dos recursos.** São Paulo: Atlas, 2009.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **Custos Logísticos no Brasil, 2017** .Disponível em <https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisa-site/Materiais/pesquisa-custos -logisticos2017.pdf. Acesso em 10/02/2020.

JORNAL DE ECONOMIA & FINANÇAS. **Maximização de Lucros é primordial nas empresas, 2013** Disponível em <http://jornaldeeconomia.sapo.ao/gestao/maximizacao-de-lucros-e-primordial-nas-empresas> Acesso em 15/02/2020.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões.** 4ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SILVA, JOAO CORREIA DA. **Microeconomia II.** Porto: FEP Faculdade de Economia do Porto, 2012.

VALENTE, A. M.; NOVAES, A. G.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H. **Gerenciamento do Transporte e Frotas.** 3ª Edição. São Paulo: Cengage Learning, 2016.