



Tomada de decisão para alocação de volume de prestadores de serviços de transporte rodoviário e armazenagem alfandegada

André Cavalcante da Silva¹, Daniel da Paz²; Izolina Margarida de Souza³;
Alexandre Formigoni⁴; Fabricio José Piacente⁵

Resumo: Com o avanço da globalização e o crescimento do mercado internacional, empresas têm buscado a redução de custos, melhoria no desempenho logístico, e maior competitividade. O objetivo desse artigo foi otimizar os custos na movimentação de contêineres numa operação logística (transportes rodoviários e armazenagem alfandegada) de importação marítima a partir do Porto de Santos. A metodologia aplicada foi uma pesquisa exploratória quantitativa, seguida de um estudo de caso único em uma empresa varejista importadora. Utilizou-se o software Lindo 6.1 para formulação e resolução do modelo de programação linear a fim de otimizar a redução dos custos das alternativas envolvidas nas operações *inbound* da firma estudada. Dentre os resultados, foi possível verificar que o modelo de programação linear, permitiu uma redução do custo logístico em 3%, quando comparado com os custos operacionais contidos atualmente pela empresa estudada além de orientar para otimização e melhor alocação de volumes para os prestadores de serviço de transporte rodoviário e armazenagem alfandegada.

Palavras-chave: programação linear; redução de custos; logística *inbound*.

Abstract: *With the advance of globalization and the growth of the international market, companies have sought to reduce costs, improve logistical performance, and increase competitiveness. The objective of this article was to optimize the costs of moving containers in a logistical operation (road transport and bonded storage) of maritime import from the Port of Santos. The methodology applied was a quantitative exploratory research, followed by a single case study in an importing retail company. The Lindo 6.1 software was used to formulate and solve the linear programming model in order to optimize the cost reduction of the alternatives involved in the inbound operations of the studied firm. Among the results, it was possible to verify that the linear programming model allowed a reduction in the logistical cost of 3%, when compared to the operating costs currently incurred by the company studied, as well as providing guidance for optimization and better allocation of volumes for service providers road transport and bonded storage.*

Keywords: *Linear Programming; cost reduction; inbound logistics.*

1 Introdução

Com o avanço da globalização, a interdependência das empresas no comércio internacional aumentou em várias partes do mundo e o grande desafio hoje, principalmente para empresas brasileiras, são os gargalos logísticos nos

¹ Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS – andre.silva01@cpspos.sp.gov.br

² Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS – daniel.paz@cpspos.sp.gov.br

³ Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS – guidariana@hotmail.com

⁴ Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS – a_formigoni@yahoo.com.br

⁵ Mestrado Profissional em Gestão de Sistemas Produtivos – CEETEPS – fabricio.piacente@cpspos.sp.gov.br

processos de importação, substancialmente num período de recuperação da economia, pós pandemia, num cenário que apresenta desafios muito maiores, dentre eles, falta de matéria-prima, alta do dólar, elevação dos preços dos prestadores de serviços na área da logística tais como armazenagem, frete entre outros que implicam diretamente no preço final do produto (NUNES; DE OLIVEIRA; VACCA; 2020).

Segundo Ballou (2006) a logística inclui todas as atividades envolvidas na disponibilização de bens e serviços aos consumidores finais a partir de sua origem, agregando valor ao produto sempre com o foco no menor custo possível.

Consumidores mais exigentes com relação a qualidade, prazos e preços dos produtos, esperam das empresas atuantes no mercado global maior acurácia e racionalidade na busca pela competitividade, buscando estratégias para redução de custos e de prazos de entrega contemplando atividades que realmente agreguem valor ao produto/serviço oferecidos (SOUZA e BOUCHUT, 2017).

Diante deste cenário, se faz necessária à aplicação de uma ferramenta racional que permita às empresas contratantes de serviços de transportes rodoviários e armazenagens alfandegárias em seus processos de importação, uma análise mais objetiva. De maneira a auxiliar na tomada de decisão de alternativas disponíveis no mercado de prestadores que melhor atendam suas necessidades de custo, prazo e qualidade Chama-se a atenção para os gastos de transporte, estoque e armazenagem que são os principais custos logísticos, destacando-se o modal rodoviário que é o mais utilizado no Brasil (BERTAGLIA, 2006; NOVAES, 2016).

O objetivo desse artigo é otimizar os custos na movimentação *inbound* de contêineres numa operação logística de transportes rodoviários e armazenagem alfandegada num processo de importação marítima a partir do Porto de Santos. Pretende-se identificar, através de modelos de otimização, utilizando o software Lindo 6.1, opções que proporcione a melhor solução na redução de custo dos serviços logísticos destacados para as operações de importação de uma empresa varejista. Por fim, realizar um estudo comparativo entre os resultados simulados obtidos a partir do modelo desenvolvido e os dados referentes às decisões realmente tomadas pela empresa, considerando a movimentação de containers e os custos para cada serviço contratado.

2 Referencial teórico

O referencial teórico desse artigo abordará os principais conceitos sobre logística *inbound* e pesquisa operacional (PO).

2.1 Logística *inbound*

Segundo Bovo(2015), a logística *inbound* se refere ao transporte, armazenagem e entrega de bens e serviços para dentro de um negócio. Esse processo engloba todo o controle de fluxo de materiais, desde o processamento das informações, gestão do transporte, embalagem das mercadorias até a chegada à empresa. A logística *outbound* está relacionada aos processos que ocorrem após o ecossistema produtivo, esse citado acima. Isso significa a distribuição e

movimentação de cargas, transferência de produtos para centros de distribuição, entrega para o cliente final, planejamento para troca de produtos, entre outros.

Segundo Guarniere (2011), a logística *inbound* é importante por tornar operacionais os vínculos entre a empresa (cliente) e o fornecedor, encarregando-se dos processos de recebimento e descarga de materiais e matérias primas. Incluindo seu armazenamento adequado, além de questões como negociação de preços, prazos e fechamento de contratos de prestação de serviços. Permite ainda que as atividades possam ser executadas conforme planejadas, favorecendo a gestão e a redução de custos.

A possibilidade de transportes de altos volumes de cargas fez do modal marítimo um dos mais utilizados pelas empresas que atuam no mercado internacional. Em operações portuárias, torna-se fundamental a infraestrutura disponível para operações de carga, descarga, desembarço aduaneiro e movimentação de carga. Para se atingir maior eficiência no processo e uma boa gestão dos recursos da organização é fundamental considerar todos os envolvidos na operação, tais como transportadores rodoviários, armazéns alfandegados, terminais de cargas ou retroareas, suas interações e as formas que estes prestadores impactam na gestão dos custos e da competitividade da organização (SILVA, MOREIRA e LEITE, 2018).

Observa-se que nos últimos anos, as empresas do setor logístico têm voltado maior atenção à satisfação do cliente e a redução de custos, sendo que este último aspecto, é o de maior impacto nos resultados financeiros da empresa, pois está diretamente relacionado com a base de custos (DA COSTA *et al*, 2016).

Muitas empresas utilizam-se das mais variadas ferramentas para o auxílio na tomada de decisão de modo que esta possa ser mais assertiva e esteja de acordo com as estratégias da empresa. A pesquisa operacional é uma dessas ferramentas.

2.2 Pesquisa operacional

A Pesquisa Operacional (PO) é conhecida como a ciência da tomada de decisão, uma vez que, por meio de análise matemática ela visa encontrar a solução ótima para um problema. Desde a Revolução Industrial, com o aumento da divisão do trabalho e da segmentação das atividades gerenciais, foi notável o crescimento das organizações marcadas naquela época. Paralelamente, notou-se também a complexidade dos problemas organizacionais, sendo aplicado os recursos de PO na solução dos problemas impostos pelo crescimento das organizações (HILDER, LIEBERMAN, 2013).

Os estudos de PO originaram-se na década de 40, durante a Segunda Guerra Mundial, quando cientistas foram convocados para, através de cálculos matemáticos, alocarem de forma racional e estratégica os escassos recursos disponíveis nas frentes de batalha (CHAVES, 2011).

Dois critérios foram fundamentais para o avanço da PO: o método Simplex para a resolução de problemas na Programação Linear (PL) e o lançamento dos computadores que permitiu que se chegasse rapidamente à resolução de modelagens matemáticas complexas e com grande volume de dados (KERSTING; MLADENOV; TOKMAKOV, 2017)

A aplicação da PO tem sido amplamente utilizada na gestão de empresas das mais variadas áreas e ramos. A representação, sintetizada de uma questão

prática através de um modelo matemático, possibilita que sobre ele se aplique métodos e técnicas que ensejem na obtenção de uma solução. Assim como a programação linear tem sido amplamente aplicada na solução de adversidades que assolam as organizações, tais como alocação de pessoal, distribuição, transporte, avaliação de eficiência, entre outros (SILVA, 2013).

Moraes *et. al* (2019) utilizaram a Programação Linear (PL) como uma das técnicas de Pesquisa Operacional para selecionar a contratação de fretadoras para serviços logísticos de distribuição de produtos com o objetivo de reduzir os custos envolvidos nessa operação. Esses autores concluíram que as técnicas de pesquisa operacional utilizadas apresentaram resultados satisfatórios na seleção das alternativas de serviços a serem contratados, uma vez que possibilitou a comparação atual dos custos da empresa com fretes e as melhores possibilidades de redução desses custos.

Cechin, Fontanive e Corso (2018) analisaram em uma editora localizada em Curitiba, o processo de envio de material gráfico para outras cidades. A editora terceiriza o serviço de transporte e não possui padrão para escolher as transportadoras. Com foco na otimização dos prazos de entrega e dos custos e da metodologia de tomada de decisão, modelou-se matematicamente através da Programação Linear (PL) os sistemas de entrega, comparando-se com outros cenários. Como resultado, para o período avaliado, atingiu-se uma redução de custos de 12,9%, aumentando o lucro da editora.

A programação linear é um aperfeiçoamento da técnica de resolução de sistemas de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional que exprime um comportamento que deve ser sincronizado (CAIXETA-FILHO, 2004).

3 Metodologia

Os métodos aplicados para o desenvolvimento deste artigo foram: pesquisa exploratória e descritiva, em um estudo de caso com abordagem quantitativa. Segundo Severino (2007) a pesquisa exploratória proporciona uma maior familiaridade com o problema proposto. Pode envolver levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado. Para Gil (2008) a pesquisa descritiva tem o objetivo de narrar as características de determinadas populações ou fenômenos. Uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática. Para Yin (2005) o estudo de caso se trata de um dos métodos de pesquisa científica que investiga um determinado fenômeno dentro do seu contexto, quando os limites entre o fenômeno e contexto não são bem definidos. Trata-se de um método de pesquisa com uma abrangência mais localizada, focada pontualmente em um caso em específico.

A pesquisa exploratória e descritiva teve como objetivo identificar e caracterizar os dois diferentes tipos de serviços logísticos: transporte rodoviário e armazenamento alfandegado, aplicados a modalidade *inbound* que é a estrutura utilizada pela empresa estudada.

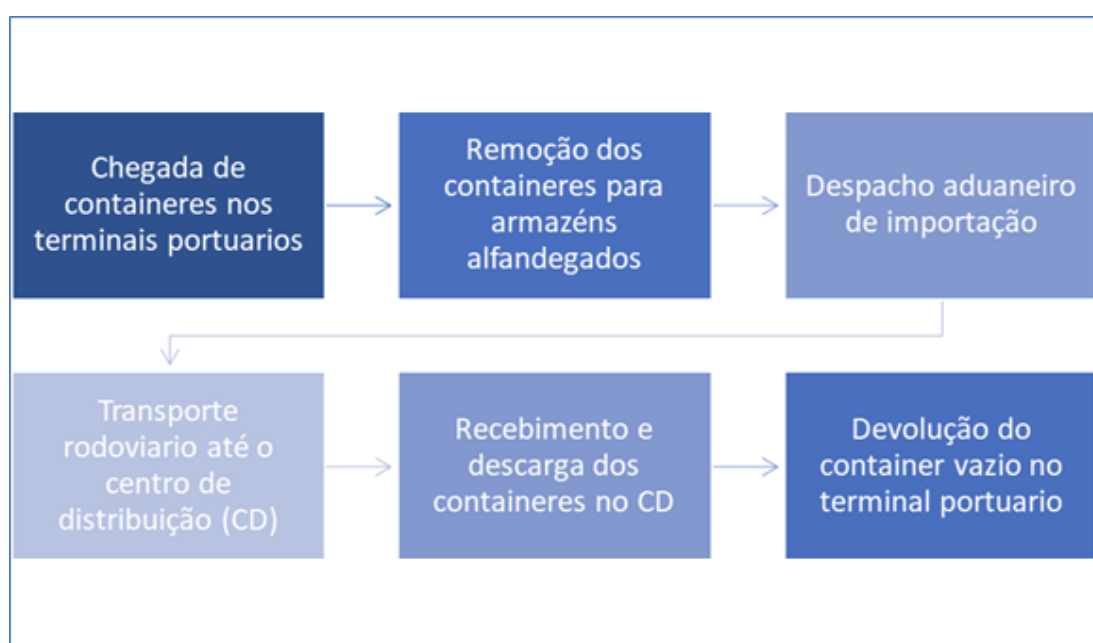
Foi realizado levantamento de dados dos serviços logísticos contratados pela empresa estudada e como solução aplicou-se o modelo de redes da programação linear e os cálculos foram realizados através do software Lindo 6.1.

Utilizou-se ferramenta on-line MIRO para o desenho do diagrama destacado pela Figura 2 que representa toda a movimentação de logística inbound utilizada pela empresa estudada.

4 Resultados e discussão

De acordo com os dados informados pela empresa estudada, foi possível estruturar o fluxo da logística *inbound* (Figura 1) realizada pela mesma, a partir da chegada do Contêiner no Porto de Santos. Ressalta-se que a logística *inbound*, em operações internacionais, também se aplica no processo desde a saída da carga do exportador até a chegada no destino final, entretanto, essa parte do processo não foi foco desse estudo.

Figura 1 – Fluxograma da logística *inbound*



Fonte: os autores, 2021

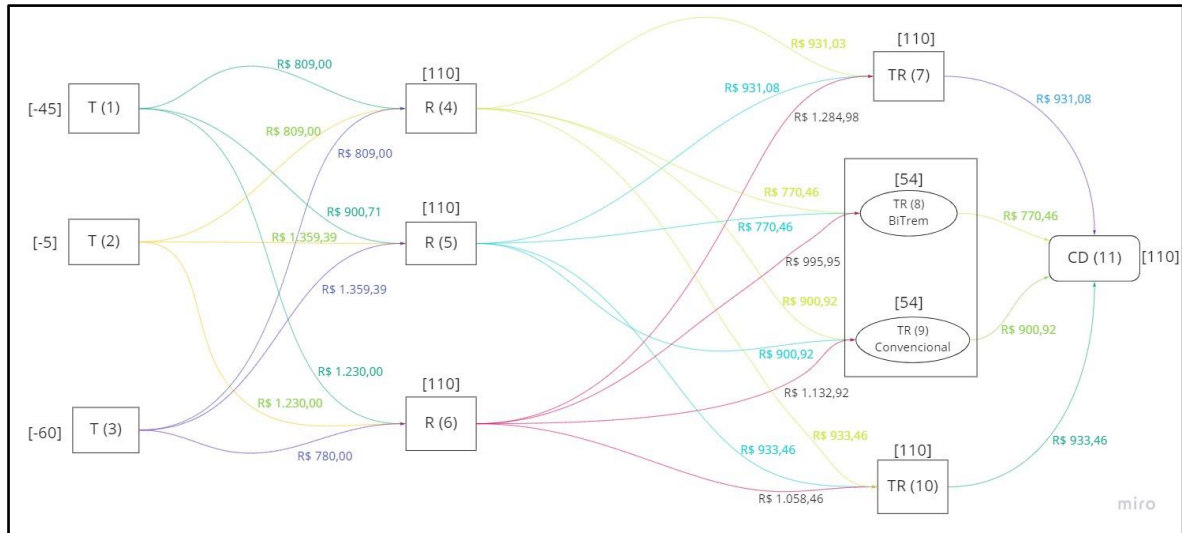
Para melhor compreensão do cenário, detalhou-se o processo da logística *inbound* da empresa estudada visando a própria organização dos dados coletados, foi desenvolvido um diagrama de rede (Figura 2), o qual demonstra as rotas realizadas pelos contêineres após a atracação do navio, evidenciando custos e a ligação com cada prestador de serviço considerando os custos de cada nó da operação e suas respectivas ligações. Esse diagrama foi desenhado na plataforma *on line* MIRO.

A Empresa estudada importadora possui seu Centro de distribuição no interior do estado de São Paulo e sua matriz se localiza na cidade de São Paulo. As importações são realizadas somente no modal marítimo, utilizando-se como único ponto de entrada o Porto de Santos.

A empresa possui contrato com 4 armadores, que são os prestadores de serviço de frete marítimo, que atracam no Porto de Santos de acordo com as linhas

de serviço, nos seguintes terminais portuários: T(1) localizado na margem direita e, T(2) e T(3) localizados na margem esquerda.

Figura 2 - Diagrama do Processo Logístico



Fonte: Desenvolvido pelos autores a partir do software MIRO, 2021.

Entretanto, por uma estratégia de custos, após desembarcados dos navios, os contêineres são removidos para retroareas no Porto de Santos, identificadas no diagrama como R(4), R(5) e R(6) (Figura 2) sendo esta última localizada na margem esquerda e as outras duas na margem direita do porto de Santos.

Complementando a operação logística, a empresa também possui contrato com 3 transportadoras identificadas como TR(7), TR(8)/TR(9) e TR(10) (Figura 2), cuja base está na margem direita do Porto de Santos. Sendo que os serviços da transportadora TR(8) recebeu 2 identificações, que são TR(8) quando opera em bitrem, que são caminhões com capacidade para transportar 2 contêineres por viagem e TR(9) quando opera com caminhões convencionais, portanto, são duas modalidades de serviço oferecidos pela mesma transportadora. Essa separação foi necessária para identificação dos diferentes custos na modalidade do serviço prestado. As outras duas transportadoras TR(7) e TR(10) só oferecem serviços de transportes convencionais. Nas retroareas, os produtos importados passam pelo processo de desembaraço aduaneiro e, após nacionalizados, são transportados para o centro de distribuição CD(11) (Figura 2), onde se inicia o processo *outbound*.

Na logística de transporte no Porto de Santos, é importante considerar em qual margem chega o contêiner, uma vez que a margem esquerda do Porto de Santos está a uma distância média de 52 km da margem direita, onde se concentra a base das transportadoras e outras duas retroareas, impactando assim no custo do serviço de remoção e transporte do container que atraca nessa margem. É importante observar que a empresa importadora não tem liberdade de escolha do terminal de atracação do navio. O que determina o terminal de atracação é o contrato de prestação de serviços firmado entre o armador (proprietário do navio) e o terminal portuário. A retroarea R(6) possui contrato de prestação de serviços com a empresa estudada estipulando recebimento do volume mínimo de 10% dos

contêineres que são desembarcados no terminal T(3). Da mesma forma a transportadora TR(7) também por meio de contrato, estabelece movimentação mínima de 30% do volume da importação. Em relação a transportadora TR(9), por questões operacionais, não disponibilizam, momentaneamente, veículos convencionais para transporte.

A Programação Linear foi aplicada com o principal objetivo de otimizar os recursos permitindo redução de custos e conseqüentemente melhores resultados e trazer maior competitividade para empresa estudada, considerando os valores e limitações de cada prestador de serviço aqui estudado.

Apoiados nessas restrições e dados, desenvolveu-se a Função objetivo, contemplando os valores de cada arco para cada nó, desde a chegada do contêiner a um dos terminais até a entrega final dos produtos no centro de distribuição.

Com o objetivo de comparar a decisão tomada pela empresa com a decisão sugerida pela programação linear, utilizou-se para o estudo de caso os dados da empresa referente ao mês de maior volume de operações durante o ano de 2021 contemplando as quantidades de contêineres transportados e dos custos de: i) armazenagem alfandegada; e ii) transporte rodoviário do Porto de Santos até o centro de distribuição (CD) da empresa. Ademais, levantou-se junto a equipe técnica da empresa estudada informações especiais a respeito de restrições aplicadas às operações logísticas descritas.

Após resultados apresentados pelo software Lindo 6.1, elaborou-se a Tabela 1 para se estabelecer um parâmetro de comparação mais claro com relação ao que foi apresentado como resultado pela PL e o que foi realmente operacionalizado pela empresa estudada no período em questão.

Tabela 1 - Tabela comparativa dos resultados (quantidade de containers movimentados e custo de operação)

Etapa	Resultado Operação Real	Resultado Software Lindo 6.1	Diferença	Diferença (%)
Terminal 1 (T1)	45	45	0	0%
Terminal 2 (T2)	5	5	0	0%
Terminal 3 (T3)	60	60	0	0%
Retroarea 4 (R4)	97	104	7	7%
Retroarea 5 (R5)	1	0	-1	-100%
Retroarea 6 (R6)	12	6	-6	-50%
Transportadora 7 (TR7)	54	33	-21	-39%
Transportadora 8 (TR8)	56	77	21	38%
Transportadora 9 (TR9)	0	0	0	0%
Transportadora 10 (TR10)	0	0	0	0%
Centro de Distribuição (CD11)	110	110	0	0%
Custo Total Operação	R\$ 280.762,52	R\$ 272.249,40	-R\$8.513,12	-3%

Fonte: Adaptado pelos autores, 2021.

Nota-se que, os valores de contêineres dos terminais 1, 2 e 3 são iguais entre a comparação do realizado pela empresa com o modelo sugerido pelo software Lindo 6.1.

Com base na Tabela 1, pode-se verificar que o custo total obtido pela simulação por meio do software Lindo 6.1 gerou uma redução do custo em 3% quando comparada a operação real da empresa estudada. Esse resultado foi

impactado principalmente pela alteração de volume de operações realizadas na retroarea R(4), aumentando em 7 contêineres, reduzindo para zero o envio de contêineres para a retroarea R(5) e reduzindo para seis contêineres o envio para retroarea R(6).

No que se refere a utilização das transportadoras, o simulador sugere a redução de 21 unidades transportadas pela transportadora T(7) e aumento das mesmas 21 unidades para a transportadora T(8).

Ademais, sabendo que a retroarea R(6) encontra-se na margem esquerda do porto de Santos, o que significa um transporte de custo mais elevado que o realizado na margem direita do Porto de Santos, o estudo indicou que para a retroarea R(6), seja utilizada 100% a transportadora T(8). Nos números praticados pela empresa, em sua operação real, a transportadora T(7) teve 100% de operação nessa mesma margem.

De tal forma, é positiva e viável a utilização da programação linear para chegar na melhor operação possível com base no menor custo de operação, desde que sejam indicados corretamente os dados e principalmente as restrições de cada operação.

5 Considerações Finais

A aplicação da programação linear por meio de ferramentas tais como o Solver ou como no caso deste artigo, o Lindo 6.1, é base de estudo de programas acadêmicos para busca de otimização processos. As empresas, em geral, desconhecem tais métodos e aplicam, de forma não científica, cálculos por meio de planilhas eletrônicas as quais não oferecem recursos suficientes que permitam maior acurácia na tomada de decisão.

O objetivo desse artigo foi otimizar os custos na movimentação de contêineres numa operação logística (transportes rodoviários e armazenagem alfandegada) de importação marítima a partir do Porto de Santos. A análise foi desenvolvida por meio de estudo de caso único, tomando como base o mês com maior número de operações logísticas da empresa estudada e comparando os resultados da programação linear com os resultados reais do objeto de estudo.

Dentre os resultados, foi possível verificar que a programação linear, aplicada por meio do software Lindo 6.1, foi eficaz, chegando a um resultado satisfatório de redução do custo logístico em 3%, quando comparado com os custos operacionais realizados pela empresa estudada além de orientar para otimização e melhor alocação de volumes para os prestadores de serviço de transporte rodoviário e armazenagem alfandegada.

Diante das validações acima, sugere-se, como estudos futuros, a aplicação da programação linear como auxílio no planejamento das decisões com relação a situação ótima de alocação de volumes que proporcionará menor custo operacional.

Referências

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial. São Paulo, Bookman Editora, 2009.

BERTAGLIA, Paulo. R. Logística e a cadeia de abastecimento. Ed. Saraiva. São Paulo: 2006.

BOVO, Daniel. Estudo de simulação da reconfiguração do layout logístico para redução de custos e eliminação de gargalos. *Revista Gestão Industrial*, 2015 D.O.I.: 10.3895/gi.v11n3.2822.

CAIXETA-FILHO, J. V. Pesquisa operacional. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2004.
CECHIN, B. Rafaela; FONTANIVE, Fernanda; CORSO, Leandro L. Método de otimização: estudo de redução de custos de transportes aplicado a uma editora de Curitiba. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia da Produção. Ponta Grossa, Paraná, Brasil. 05 a 07 de dezembro de 2018.

CHAVES, V.H.C. Perspectivas históricas da Pesquisa Operacional. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Rio Claro, 2011.

DA COSTA, Lucas et al. ROTEIRIZAÇÃO DE ENTREGAS NA ZONA LESTE DA CIDADE DE SÃO PAULO. COMPARAÇÃO ENTRE SOFTWARE PAGO E LIVRE. *South American Development Society Journal*, [S.l.], v. 2, n. 5, p. 75 - 86, mar. 2017. ISSN 2446-5763. Disponível em: <<http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/40>>. Acesso em: 25 set. 2021.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUARNIERI, Patricia. Logística reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental. 1ª edição – Recife: Ed. Clube de autores, 2011.

HILDER, S. Hillier; LIEBERMAN, Gerald J. Introdução a pesquisa operacional. 3ª edição - São Paulo: AMGH Editora, 2013.

KERSTING, K.; MLADENOV, M.; TOKMAKOV, P. *Relational linear programming*. Artificial Intelligence, v. 244, p. 188-216. 2017.

NOVAES, Antonio. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Elsevier Brasil, 2016.

NUNES, Samuel Fernandes; DE OLIVEIRA, Fabio Henrique; VACCA, Ary Celso. GARGALOS LOGÍSTICOS DE IMPORTAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UM DISTRIBUIDOR FARMACÊUTICO. *South American Development Society Journal*, [S.l.], v. 5, n. 15, p. 34, fev. 2020. ISSN 2446-5763. Disponível em: <<http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/209>>. Acesso em: 21 set. 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v5i15p34-50>.

SEVERINO, Antônio Joaquim. Metodologia do trabalho científico. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, Aneirson F. Pesquisa operacional: desenvolvimento e otimização de modelos matemáticos por meio da linguagem gams. São Paulo: Unesp, 2013. 126 p. Disponível em: <https://www.academia.edu/>. Acesso em: 24setembro 2021.

SILVA, J. F.; MOREIRA, G. G.; LEITE, M. S. A. Análise qualitativa do uso dos recursos empregados no processo de descarga de granel sólido em um porto público do Nordeste (BR). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESEMPENHO PORTUÁRIO, 5., 2018, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: CIDESPORT, 2018. Disponível em: <https://2018.cidessport.com.br/br/node/1823/>. Acesso em: 25 set. 2021.

SOUZA, Angela R.L; BOUCHUT, Mauricio L. C. Custos Logísticos brasileiro no comercio exterior na última década (2007-2016). XXV Congresso Brasileiro de Custos – Florianópolis, SC, Brasil, 2017. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4241/4241>. Acesso em 21 set. 2021.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre, RS: Bookman. 2005.