

Otimização em redes utilizando o algoritmo do caminho mínimo para roteirização de uma cooperativa agropecuária

Jarbas Ancelmo da Silva Júnior, (UFG – RC), jarbasjunior95@gmail.com

Natália Cibele de Sousa Santos, (UFG – RC), nataliaaeng.producao@gmail.com

Lara Cristine Pereira dos Santos, (UFG – RC), lara_cristine_vzt@hotmail.com

Nayara Felício de Oliveira, (UFG – RC), nayara.fo2@gmail.com

Resumo: O mundo vem enfrentando grandes modificações desde a Revolução Industrial, principalmente no âmbito empresarial. Tais modificações trouxeram bons resultados, como também alguns problemas, diante deste cenário, se torna importante a adoção de ferramentas que auxiliem as empresas na tomada de decisões. Dentre estas ferramentas está a Pesquisa Operacional (PO), a qual, aliada a outras áreas da Engenharia de Produção, proporciona a empresa vantagens competitivas. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo modelar uma rede contendo todos os pontos de entrega de uma Cooperativa e determinar o menor caminho entre a origem e o ponto de entrega mais distante, utilizando o método do caminho mínimo. Para isso foi empregado o procedimento de pesquisa experimental devido ao uso do método de otimização em redes. Verificou-se a eficiência do método ao aplicá-lo no problema proposto. Este trabalho proporcionou um maior entendimento acerca do uso de algoritmos e modelagens matemáticas intuitivas para resolução de problemas cotidianos.

Palavras-Chaves: Pesquisa Operacional; Logística; Caminho mais curto.

1. Introdução

O mundo vem constantemente sofrendo diversas modificações, principalmente, no âmbito organizacional. Isso se torna mais visível, observando as mudanças que ocorreram a partir da Revolução Industrial. Estas mudanças, além de bons resultados também trouxeram alguns problemas. Um deles de acordo com Hillier e Lieberman (2010) é que conforme aumentam a complexidade e a especialização em uma organização, torna mais difícil alocar os recursos disponíveis para as diversas atividades de maneira mais eficiente. Com isso, a necessidade de resolver esses problemas contribuiu para o surgimento da Pesquisa Operacional (HILLIER e LIEBERMAN, 2010).

A Pesquisa Operacional teve suas primeiras atuações no período da Segunda Guerra Mundial, auxiliando na tomada de decisão sobre o melhor destino dos materiais e equipamentos utilizados na guerra (TAHA, 2008). Atualmente, ela pode ser encontrada como sendo uma das áreas da Engenharia de Produção, atuando no desenvolvimento industrial e tecnológico.

De acordo com Andrade (2009) a Pesquisa Operacional é uma área da ciência administrativa que fornece instrumentos para análise de decisões. Uma das ferramentas utilizadas na prática é conhecida como Problema de Caminho Mínimo, que é considerado como um algoritmo simples, cujo objetivo é o de identificar a partir da origem o caminho

mais curto para cada um dos nós da rede (TAHA, 2008). Permitindo diminuir custos logísticos, redução da rota e um menor tempo de entrega da empresa escolhida.

A empresa a ser estudada é uma Cooperativa que atua no mercado a aproximadamente cinquenta anos. Foram disponibilizados pela empresa alguns pontos de entrega que no presente estudo correspondem aos nós, interligados por arcos que representam a distância entre os pontos. Dentre todos os pontos de entrega, escolheu-se um total de sete considerando os mais distantes da origem (empresa), por meio de algoritmos que serão detalhados nos próximos tópicos, determinou-se o caminho mais curto a ser percorrido.

Desta forma, o objetivo geral do trabalho é modelar o problema de caminho mínimo por meio dos dados coletados. Com os resultados obtidos traçou-se a rota mais curta, cuja aplicação poderia reduzir custos logísticos da empresa e melhorar o serviço ao cliente.

Para cumprir o objetivo, o presente trabalho foi estruturado da seguinte forma: na seção 2 há o referencial teórico; a seção 3 apresenta a metodologia; a seção 4 expõe os resultados obtidos; e, por fim, na seção 5 há as considerações finais.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresentará o referencial teórico sobre a otimização de redes pelo método do caminho mínimo e, logo após, uma aplicação interdisciplinar com a técnica utilizada neste trabalho com problemas da área de logística.

2.1 Otimização de redes – Caminho Mínimo

Segundo Andrade (2009), a Expressão Pesquisa Operacional foi empregada pela primeira vez durante a Segunda Guerra Mundial. O sucesso dessas aplicações moveu o mundo acadêmico e empresarial a utilizar estas técnicas.

Segundo Arenales, et al (2007), a Pesquisa Operacional tem sido chamada de Ciência e tecnologia de decisão. Científico devido a ideias e processos para modelar problemas de decisão. Associado a tecnologia devido a utilização de ferramentas de *software* e *hardware* para coletar, comunicar e organizar dados, utilizando-os para gerar, otimizar modelos e analisar seus resultados.

Em pesquisa operacional o tipo e a complexidade do modelo matemático é que definem a natureza do método de resolução. Segundo Taha (2010), existem vários métodos para resolver todos os modelos matemáticos que podem surgir na prática. Um destes métodos é a otimização em redes, na qual o problema pode ser modelado como uma rede, técnica que será utilizada neste trabalho.

As redes surgiram em vários ambientes e de muitas maneiras distintas. Segundo Hillier e Liberman (2010), as representações em formato de rede são bastante utilizadas para problemas de diversas áreas como produção, distribuição, planejamento de projetos, administração de recursos, posicionamento de instalações e planejamento financeiro. Essa área da Pesquisa Operacional faz parte das conquistas mais fascinantes dos últimos anos, devido ao rápido avanço na metodologia, na aplicação de modelos e no avanço de algoritmos de otimização em redes.

Ainda segundo Hillier e Liberman (2010), uma rede é feita por um conjunto de *pontos* e de

retas conectando certos pares de pontos. Os pontos são denominados nós e as retas arcos. Os arcos são identificados dando-se nomes aos nós em cada uma de suas extremidades. Segundo Taha (2010) um caminho é uma sequência de arcos distintos que ligam dois nós passando por outros nós, independentemente da direção de fluxo em cada arco.

Como uma grande quantidade de situações de pesquisa operacional pode ser modelada e resolvida com o uso de redes há uma variedade de algoritmos de otimização em redes. Segundo Taha (2010), os quatro principais são árvore geradora mínima que objetiva diminuir custos dentro de uma rede em que os nós são ligados dois a dois, algoritmo do caminho mínimo usado para definir o menor caminho entre os nós de origem e destino, algoritmo de fluxo máximo que busca constatar a capacidade máxima do fluxo que há entre os nós, e por fim o algoritmo do caminho crítico que determina um cronograma de atividades, onde se definem os tempos máximos e mínimos das atividades.

Segundo Hillier e Liberman (2010), existem outros algoritmos para resolver problemas do caminho mínimo, como algoritmo Dijkstra, o qual liga a origem a outro nó qualquer da rede, e Floyd, que conecta quaisquer dois nós na rede, porém focaremos em um algoritmo mais simples para resolução desse problema, que apresenta uma rede conectada com dois nós especiais chamados origem e destino, onde o objetivo é encontrar o caminho mais curto da origem ao destino.

Existem softwares que auxiliam na resolução e análise destes problemas, como o LINGO (*Linear, Interactive and General Optimizer* – “Otimizador Linear, Interativo e Geral”), o qual consiste em uma ferramenta simples para usar o poder da otimização linear ou não-linear para formular problemas grandes concisamente, resolvê-los e analisar a solução. O Solver, complemento do Microsoft Excel, faz parte de um conjunto de programas chamados de ferramentas de análise hipotética, pode localizar um valor ideal para uma fórmula em uma célula, denominada célula de destino em uma planilha, pode-se aplicar restrições para restringir os valores que o Solver poderá utilizar e as restrições podem se referir a outras células que afetem a fórmula da célula de destino.

2.2 Pesquisa Operacional aliada à Logística

As empresas estão inseridas em um ambiente de extrema concorrência, acirrada ainda mais pela crise econômica em que o país está inserido. Neste contexto, para se garantir em plena condições de concorrência se torna primordial o uso de todas as ferramentas e métodos disponíveis. De acordo com Ferreira e Bacheга (2011) as empresas podem fazer o uso de técnicas para rever operações, objetivando-lhe auxiliar em uma boa execução estratégica e com intuito de amplificar sua eficiência em suas atividades e minimizar seus custos.

A problemática foco do estudo se apresenta a partir do intuito em se realizar a determinação do caminho mais curto da entrega de um empresa do setor de laticínios da cidade de Catalão- GO, em que para a resolução da mesma foi utilizada a associação de ferramentas, da pesquisa operacional com as da logística, objetivando a minimização do caminho a ser percorrido pelo transporte de entrega da empresa, mas mesmo assim, atendendo integralmente os destinos previamente acordados com os clientes.

De Souza Junior *et al.* (2013) definem logística como sendo uma ferramenta de gestão em que proporciona a empresa se manter no mercado competitivo, devido a junção da tecnologia, permitindo a agilidade do processo, redução dos custos e, ainda, a satisfação do cliente.

Livato e Souza (2010) e, também, Souza *et al.* (2014) destacam a necessidade em se apurar custos relacionados com a logística, o que exige da empresa a adoção de ferramentas que lhes auxiliem na tomada de decisões. E, neste cenário que a pesquisa operacional se insere, como Jesus, Toralles, Behrens (2015) a definem como sendo uma ferramenta com características matemáticas de auxílio ao processo decisório.

Foi utilizado o método de caminho mínimo, instrumento este da pesquisa operacional, com o auxílio do Solver® - ferramenta do Excel, pois este apresenta um desempenho satisfatório em se tratando deste tipo de problemática.

Após realizado o procedimento, pode-se inferir, que, realmente, as ferramentas quando associadas resultou em uma minimização da distância total percorrida pelo caminhão de entrega, resultando em um caminho ótimo a ser percorrido (quando de tratado apenas a distância), vale ressaltar que outros aspectos não foram analisados, como exemplo: qualidade do asfalto, presença de semáforos na vias a serem percorridos, pontos de lentidão, dentre outros.

3. Método e Procedimento de Pesquisa

No que se refere ao método de pesquisa e análise dos dados, o presente trabalho se enquadra em uma abordagem quantitativa e um procedimento experimental. Fonseca (2002, p.20) destaca “que os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados”, segundo o autor “como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituísse um retrato real de toda a população alvo da pesquisa”, o que se apresenta bastante útil, visto que, o trabalho relaciona as distâncias entre o ponto de partida, a cooperativa, e os pontos de entrega de produtos acabados (supermercados, mercearias, entre outros) com o objetivo de traçar o caminho mais curto a ser percorrido até o ponto mais distante.

De acordo com Gil (2010, p.32) “a pesquisa experimental constitui o delineamento mais prestigiado nos meios científicos.” Gil (2010) também aponta que a pesquisa experimental se resume em definir um objeto de estudo, eleger as variáveis passíveis de influenciá-lo e por fim determinar as formas de controle e análise dos efeitos que a mesma provoca no objeto. A fim de resolver o problema apresentado neste trabalho, utilizou-se o Algoritmo do Caminho Mínimo, em síntese esse procedimento se espalha em todas as direções partindo da origem, assinalando gradativamente o menor caminho referente a cada um dos nós da rede na ordem crescente de suas distâncias (mais curtas) a começar da origem e assim, desvendar o problema quando o nó de destino é alcançado (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A coleta de dados resultou de duas entrevistas realizadas no mês de Dezembro/2016 com o gerente responsável pela elaboração das rotas e rotina de entregas da Cooperativa. Primeiramente definiu-se o dia da semana cujo roteiro de entregas seria estudado, a quinta-feira, neste dia tem-se menor quantidade de entregas e as mesmas são realizadas somente na parte da manhã, o que facilita a criação da rede. De acordo com Lachtermacher (2007, p.119) “redes são diagramas compostos por uma coleção de vértices ou nós ligados entre si por um conjunto de arcos”, neste caso, os nós são os pontos de entrega que estão conectados pelos arcos orientando os quais correspondem às distâncias.

De posse dos dados obtidos, utilizou-se o software online Google Maps® com o intuito de obter as distâncias entre os pontos, o qual também auxiliou na visualização da rede como um todo.

Em seguida utilizou-se o Excel para desenvolver e solucionar o problema, Hillier e Lieberman (2013, p.347) ressaltam que “esse algoritmo fornece uma maneira particularmente eficiente para resolver problemas do caminho mais curto de grandes dimensões”, a modelagem se deu com o auxílio da ferramenta Solver, disponível na planilha Excel.

Segundo Taha (2008) é possível estabelecer algumas orientações para condução da PO na prática, sendo as principais fases enunciadas abaixo:

- Definição do Problema: delimita o escopo do problema em análise, com o intuito de definir as alternativas de decisões, o propósito do estudo, e as restrições do sistema;
- Construção do Modelo: consiste em traduzir o sistema em fórmulas matemáticas de acordo com as definições apresentadas;
- Solução do Modelo: parte do uso de algoritmos de otimização já definidos, levando em conta a análise de sensibilidade que trata da observação do comportamento da solução ótima quando parâmetros são alterados.
- Validação do Modelo: verifica se a solução tem sentido, ou seja, se os resultados são aceitáveis.
- Implementação da Solução: expressa os resultados em orientações operacionais, as quais podem ser emitidas às pessoas envolvidas.

É importante destacar que a fase “Validação do Modelo” não foi executada, uma vez que, a possibilidade de existirem caminhos mais curtos que o software online Google Maps® não tenha apresentado é muito grande. A fase “Implementação da Solução” demandava abertura da cooperativa a um novo padrão operacional, e estrutura para organizar e repassar as diretrizes aos interessados, o que não ocorreu em virtude do estudo ter sido realizado em um curto período tempo.

4. Resultados e Discussões

4.1 Definição do Problema

A partir dos dados coletados com o gerente da empresa, foram listados os locais para onde são feitas as entregas. Elas são:

- Comércio 1 – Av Vera Cruz; Bairro: das Américas;
- Comércio 2 – Av Dr Lamartine P. de Avelar; Bairro: Vila Chaud;
- Comércio 3 – Rua: Suécia; Bairro: Ipanema;
- Comércio 4 – Av Dr Lamartine P. de Avelar; Bairro: Vila Chaud;
- Comércio 5 – Rua: Ladislau J. Alcântara; Bairro: Ipanema;
- Comércio 6 – Rua: Sessenta e oito; Bairro: Ipanema.

O objetivo deste estudo é encontrar o menor caminho ou rota entre a distribuidora e o comércio mais longe de Catalão, onde são feitas entregas.

O Comércio 6 é o mais distante geograficamente, estando a, aproximadamente, 4 km de distância. É importante ressaltar que, para que fosse possível a construção da rede, foram consideradas as possíveis rotas e suas respectivas distâncias, obtidas através da ferramenta Google Maps®.

4.2 Construção do Modelo

A partir dos dados coletados e do objetivo definido do estudo, foi elaborada uma rede com os possíveis caminhos, representados por retas, e suas respectivas distâncias em metros entre os nós (comércios), representados por círculos. No total são seis comércios mais a distribuidora, totalizando sete nós, que foram nomeadas, sendo O a origem (distribuidora), de A até E os comércios (de 1 a 5) e T o destino (comércio 6). A rede é apresentada na Figura 1.

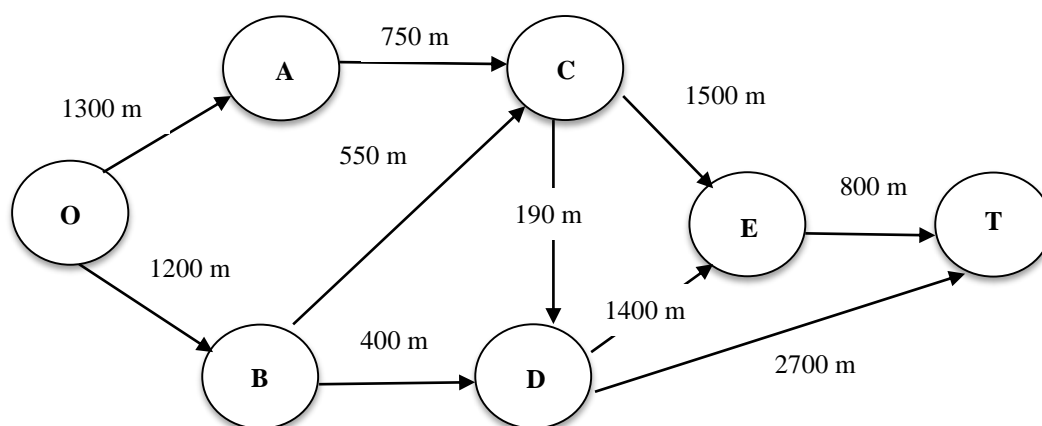


FIGURA 1 – Representação em rede. Fonte: Elaborada pelas autores (2017).

A mesma rede também é representada através da Tabela 1.

TABELA 1 – Representação dos comércios

De	Para	Distância em metros
O	A	1300
O	B	1200
A	C	750
B	C	550
B	D	400
C	E	1500
C	D	190
D	E	1400
D	T	2700
E	T	800

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

Construída a rede, estes dados foram inseridos em uma planilha do Excel, para se chegar a um caminho mais curto com a utilização da ferramenta Solver®. Os dados foram organizados da seguinte maneira na planilha:

- Coluna B, representando os nós de saída da rota – B4 a B13;
- Coluna C, representando os nós de chegada da rota – C4 a C13;
- Coluna D, representando as distâncias, em metros, entre as respectivas rotas – D4 a D13;
- Coluna E, representando as variáveis de decisão, contendo a rota selecionada – E4 a E13;

- Coluna G, contendo os nós que constituem a rede (O, A, B, C, D, E, T) – G4 a G10;
- Coluna H, representando os fluxos líquidos – H4 a H10;
- Coluna I, representando as respectivas ofertas/demandas de cada caminho.
- A célula E17 fornecerá a distância total em metros do caminho selecionado.

Na coluna H, que representa o fluxo líquido, fez-se necessário a utilização de fórmulas. O fluxo líquido no nó pode ser definido como o fluxo que sai menos o fluxo que entra, e, assim sendo, o fluxo líquido na origem será 1, nos nós intermediários será 0 e no destino será -1. Na coluna I da planilha, que representa a oferta/demanda, estão especificadas essas condições. Na célula E17, foi utilizada a função soma de produtos entre as colunas D e E para que fosse possível chegar ao resultado final desejado, ou seja, a distância mínima.

4.3 Análise dos Resultados

Utilizando o Solver®, no campo “Definir célula de destino” selecionou-se a célula E17, sendo definido minimizar o valor dessa célula, minimizando a distância total entre a Coacal e o comércio mais distante. No campo “Células Variáveis” selecionou-se o intervalo de células E4 a E13. Esse intervalo receberá os seguintes valores:

- 0, caso o arco não seja selecionado;
- 1, caso o arco seja selecionado.

Dessa forma, a rota selecionada será obtida. Em relação às restrições que o problema foi submetido, definiu-se que Fluxo líquido é igual a Oferta/Demanda. Definiu-se também que as variáveis devem assumir valores não-negativos e irrestritos e como método de resolução, o LP Simplex. Então, clicou-se em “Resolver”, onde foram gerados três relatórios, que serão discutidos a seguir.

A Tabela 2 mostra a solução ótima do problema.

TABELA 2 - Solução ótima.

<i>De</i>	<i>Para</i>	<i>Distância em metros</i>	<i>Rota selecionada</i>
O	A	1300	0
O	B	1200	1
A	C	750	0
B	C	550	0
B	D	400	1
C	E	1500	0
C	D	190	0
D	E	1400	1
D	T	2700	0
E	T	800	1
<i>Distância Total</i>		<i>3800</i>	

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

De acordo com a solução ótima do problema, o caminho que resulta na menor distância entre a Coacal (O) e o comércio 6 (T) é o que passa pelos pontos: comércio 2 (B), comércio 4 (D), comércio 5 (E). Assim, os entregadores deverão sair da Coacal em direção ao comércio 2, percorrendo 1200 m, em seguida para o comércio 4, percorrendo mais 550 m, em seguida para o comércio 5, percorrendo mais 1400 m, e por fim, chegar ao destino, percorrendo mais 800 m, totalizando 3800 metros totais percorridos.

Analisando o Relatório de Resposta I, representado na figura 2, foram necessárias 8 iterações para se chegar ao resultado final. Na primeira tabela, a célula do objetivo mostra valor final de 3800, que representa a distância total mínima. A segunda tabela, traz os valores 0 e 1, indicando a rota selecionada. E a terceira tabela mostra as restrições que estão relacionadas ao fluxo líquido, apresentando 1, 0 e -1 referentes, respectivamente, às células relacionadas aos nós de origem, intermediários e de destino. Este relatório não apresenta nenhuma informação adicional, apenas apresenta a resposta de forma mais organizada.

Microsoft Excel 15.0 Relatório de Respostas
Planilha: [Pasta2.xlsx]Plan1
Relatório Criado: 24/10/2017 21:23:27
Resultado: O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas.

Mecanismo do Solver
 Mecanismo: LP Simplex
 Tempo da Solução: 0,031 Segundos.
 Iterações: 8 Subproblemas: 0

Opções do Solver
 Tempo Máx. Ilimitado, Iterações Ilimitado, Precisão 0,000001, Usar Escala Automática
 Subproblemas Máx. Ilimitado, Soluç. Máx. Núm. Inteiro Ilimitado, Tolerância de Número Inteiro 1%, Assumir Não Negativo

Célula do Objetivo (Mín.)

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$E\$16	DISTÂNCIA TOTAL Rota selecionada	3800	3800

Células Variáveis

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$E\$4	Rota selecionada	0	0	Conting.
\$E\$5	Rota selecionada	1	1	Conting.
\$E\$6	Rota selecionada	0	0	Conting.
\$E\$7	Rota selecionada	0	0	Conting.
\$E\$8	Rota selecionada	0	0	Conting.
\$E\$9	Rota selecionada	1	1	Conting.
\$E\$10	Rota selecionada	0	0	Conting.
\$E\$11	Rota selecionada	0	0	Conting.
\$E\$12	Rota selecionada	1	1	Conting.
\$E\$13	Rota selecionada	0	0	Conting.
\$E\$14	Rota selecionada	1	1	Conting.

Restrições

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	largem de Atraso
\$H\$4	Fluxo líquido	-1	\$H\$4=\$I\$4	Associação	0
\$H\$5	Fluxo líquido	0	\$H\$5=\$I\$5	Associação	0
\$H\$6	Fluxo líquido	0	\$H\$6=\$I\$6	Associação	0
\$H\$7	Fluxo líquido	0	\$H\$7=\$I\$7	Associação	0
\$H\$8	Fluxo líquido	0	\$H\$8=\$I\$8	Associação	0
\$H\$9	Fluxo líquido	0	\$H\$9=\$I\$9	Associação	0
\$H\$10	Fluxo líquido	1	\$H\$10=\$I\$11	Associação	0

FIGURA 2 – Relatório de Resposta I gerado pelo Solver®. Fonte: Solver Excel®.

4.4 Validação do Modelo

Não foi possível a validação do modelo, pois, mesmo se utilizando a ferramenta online Google Maps®, que apresenta os caminhos e as respectivas distâncias, e mesmo escolhendo o menor caminho dentre todos os apresentados por essa ferramenta, podem existir outros caminhos que chegariam a um caminho menor que o Google Maps® pode não ter encontrado. Assim sendo, não se tem certeza se os caminhos são realmente os menores. Seriam necessários mais estudos a respeito do trabalho para que o mesmo pudesse ser validado.

5. Conclusão

O objetivo inicialmente proposto pelo trabalho foi atingido. Foi modelado uma rede contendo todos os pontos de entrega que a Cooperativa atende e a determinação do menor caminho entre a origem e o ponto de entrega mais distante, utilizando o Algoritmo do Caminho Mínimo modelado no software Solver®, onde foi possível verificar a eficiência do método quando aplicando a este tipo de problemática.

No presente estudo verificou-se a interdisciplinaridade entre duas grandes áreas da Engenharia de Produção: a pesquisa operacional e a logística. Sendo que a primeira, oferece alternativas viáveis, por meio de modelagem matemática e algoritmos, para a resolução de problemas apresentados na logística, como a procura por métodos que otimizem seus processos e minimize custos. Tal interdisciplinaridade pôde ser perceptível no presente trabalho, ao passo que utilizou-se técnicas da PO, o algoritmo do caminho mínimo para a resolução de problemas de roteirização de uma empresa local.

O presente trabalho contribuiu para a área acadêmica, visto que novos estudos sobre otimização de redes foram acrescentados na literatura da área, ainda, propicia aos estudantes a oportunidade de pôr em prática o conteúdo visto em sala de aula. Contribuiu, também, para o meio empresarial ao passo que novas alternativas para resolução de problemas cotidianos são apresentadas através de algoritmos e modelagens matemáticas intuitivas e de fácil manuseio, como a ferramenta Solver® Excel – software bastante conhecido e utilizado nas empresas.

Para trabalhos futuros sugere-se a aplicação desta técnica na empresa estudada, como, também, realizar melhorias no modelo proposto e aplicar à realidade de outras empresas do ramo da logística.

Referências

- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**: métodos e modelos para análises de decisões. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional para cursos de engenharia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- DE SOUZA JUNIOR, A.A.; VIDEIRA, N.P.; UEBELHART, S.C.; LIMA, V.C. Análise das publicações sobre logística junto ao ABEPRO. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. Anais... Salvador: ABEPRO, 2013.
- FERREIRA, F.M.; BACHEGA, S.J.; Programação linear: um estudo de caso sobre os custos de transporte em uma empresa do setor de confecções de Catalão-GO. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: ABEPRO, 2011
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo, Atlas, 2010.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.
- HILLIER, F.S; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. McGraw Hill, 2013.
- JESUS, R.J.B; TORALLES, R.P.; BEHRENS, P.A.C. Pesquisa operacional: uma ferramenta do processo decisório no setor de compras. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza: ABEPRO, 2015.
- LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Pearson, 2007.

LIVATO, M.; SOUZA, A.P.M. Gestão de custos logísticos na cadeia de suprimentos: um estudo sobre o custo de transporte de cargas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. Anais... São Carlos: ABEPRO, 2010.

SOUZA et al. Aplicação da Técnica de Varredura no Replanejamento da Malha de Transporte: um Estudo de Caso em uma Empresa de Transporte e Distribuição de Cargas Fracionadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2014, Curitiba. Anais... Curitiba: ABEPRO, 2014. 14 p.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional:** uma visão geral. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional:** uma visão geral. 91. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.