

Otimização de rota e redução dos custos logísticos: Estudo de caso em uma empresa de contabilidade

Fernando de Araújo (UFU) fernandoaraujo@ufu.br

Aline Andrade Lima (UFU) aline7356@gmail.com

Mateus de Assis Chacon Lima (UFU) mateusdeassislina@gmail.com

Resumo:

O presente trabalho apresenta um problema de logística que visa à redução dos custos e a melhoria no nível de serviço de uma empresa de contabilidade, na cidade de Ituiutaba-MG. Ele consiste na minimização de rotas, com o objetivo de encontrar o menor caminho com o menor custo. Neste trabalho foi aplicado conceitos de logística reversa para determinar o fluxo operacional da empresa estudada. A empresa presta serviços a quatro setores da cidade, denominados: Região 1, Região 2, Região 3 e Região 4. A solução do problema foi realizada a partir do modelo de programação linear e subsequentemente foi utilizado o Lingo (Software para programação), onde foi possível obter a melhor rota com o menor custo para oferecer um melhor nível de serviço.

Palavras chave: logística, otimização, pesquisa operacional, rota, custos.

Route optimization and reduction of logistics costs: Case Study in an accounting firm

Abstract

This paper presents a logistics problem that is aimed at reducing costs and improving the service level of an accounting firm in the city of Ituiutaba-MG. It consists in minimizing routes, in order to find the shortest path with the lowest cost. This work was applied reverse logistics concepts to determine the operational flow of the studied company. The company provides services to four sectors of the city, called: Region 1, Region 2, Region 3 and Region 4. The solution of the problem was carried out from the linear programming model and was subsequently used Lingo (Software programming), where You could get the best route with the lowest cost to provide a better level of service.

Keywords: logistics, optimization, operations research, route, costs.

1. Introdução

Uma das grandes dificuldades para qualquer organização que produz bem ou serviços, são os custos gerados pelas operações logísticas, mensurando o equilíbrio do nível de serviço e custos operacionais, em alguns anos atrás, pequenas e médias empresas não tinha muito controle sobre esses custos, por vários motivos, que não proporcionavam a preocupação com esses valores, mas nos últimos anos essa realidade vem-se transformando. Com a alta competitividade no mercado regional ou nacional, essas empresas praticamente são forçadas a diminuir suas despesas com as operações, passando a ter controle das operações que envolvem a logística, quase que obrigatoriamente.

Observando a relevância nos custos das operações logísticas de uma organização, é importante estudar a aplicação de técnicas simples e eficazes da pesquisa operacional (PO), com a intenção de buscar o máximo desempenho operacional e obter uma vantagem estratégica, além de contabilizar o impacto financeiro, que nada mais é que os custos com esse transporte. A pesquisa operacional nos ajuda nas resoluções de problemas, de diversos segmentos, por meio de técnicas e modelos matemáticos, para otimizar processos, obter menores custos de operações, melhorar o nível de serviços e desempenhar um planejamento estratégico competitivo.

Muitas técnicas podem ser utilizadas para o solucionar os problemas logísticos, utilizando a pesquisa operacional como programação linear e utilizando softwares como Lingo e Solver. Essas técnicas são aplicadas em áreas como: Custos de transportes, localização de redes de distribuição, administração da produção, análises de investimentos, planejamento organizacional entre outras.

De olho no mercado de pequenas e médias empresas, o objetivo deste estudo é demonstrar a solução de um problema de logística, utilizando a pesquisa operacional e programação linear, torna-se possível mensurar a viabilidade dos processos logísticos, possibilitando aperfeiçoá-los ou os validá-los por meio de ferramentas específicas, de baixo custo e acessíveis às empresas.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Logística

De acordo com Bowersox (2007), a logística é a ciência que se desenvolve através do planejamento e controle, fazendo com que os materiais cheguem ao destino determinado, no tempo certo, na quantidade certa e com o mínimo de custo. Para que isso aconteça com o melhor nível de serviço é necessário que tenha fluxo de materiais e de informações. O planejamento logístico se desenvolve através do surgimento de problemas em algumas áreas, tais como: níveis de serviços aos clientes, localização das instalações, decisões sobre estoque, decisões sobre transporte, demanda e custos logísticos, dentre outros.

Um desafio que a logística vem enfrentando atualmente é ter o equilíbrio entre nível de serviços aos clientes e custo logístico. Como o nível de serviços aos clientes afeta diretamente as empresas e as indústrias, tem-se uma atenção maior quanto a qualidade com que ele é oferecido e o custo logístico. Para obter um bom nível de serviço ao cliente é necessário que atenda alguns requisitos básicos: precisão no processamento de pedidos, disponibilidade de estoque, rapidez de entrega e agilidade.

Segundo Bertaglia (2003), os custos logísticos variam de acordo com o tipo de empresa, por exemplo: empresas que são voltadas para mercadorias eletrônicas têm um custo logístico pequeno em relação às demais operações, enquanto uma empresa de produtos alimentícios possui um custo logístico elevado; é comum haver a necessidade do replanejamento quanto aos custos logísticos, buscando a redução do mesmo.

Ainda para Bertaglia (2003), a demanda desenvolve grande influência nas empresas e através dela tomam-se decisões importantes. Quando se tem crescimento, ocasiona: abertura de novos centros de distribuição, filiais, aumento da frota até mesmo contratação de novos funcionários e quando há o decréscimo da demanda acontece o contrário: fechamento de empresas ou fábricas, fechamento de centros de distribuição, armazém, demissões de funcionários, venda da frota, dentre outros. A demanda é um dos combustíveis das empresas ou indústrias.

Segundo Ballou (2006), para atender a demanda com o menor custo e o melhor nível de serviço é necessário que tenha o transporte adequado, utilizando os modais necessários e se possível gerar o menor custo. Existem cinco ofertas de modais para utilização em transportes de cargas

ou mercadorias: hidroviário, rodoviário, dutoviário, aeroviário e o ferroviário. A escolha do modal acontece de acordo com a localização que será feito o transporte. Nos Estados Unidos América (EUA) a maioria dos transportes são realizados pelo modal ferroviário, enquanto no Brasil o rodoviário representa 60%, ou seja, é necessário que a escolha do modal seja feita da maneira correta, de acordo com a localização geográfica, podendo assim ser um diferencial no nível de serviço das empresas ou/e indústrias.

De acordo com Leite (2009) a logística reversa começa a aparecer no mercado empresarial, por volta das décadas de 1970 e 1980, tendo em vista a reciclagem e retorno com o retorno de bens de pós-venda e pós-consumo. Na década de 1990 a logística reversa evidencia o cenário empresarial. Ela consiste em planejar, controlar e implementar o custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques e informações do ponto de consumo ao ponto de origem (ponto inicial até o ponto final), visando a redução e movimentação de produtos e embalagens. A Figura 1 apresenta as atividades típicas do processo logístico reverso.

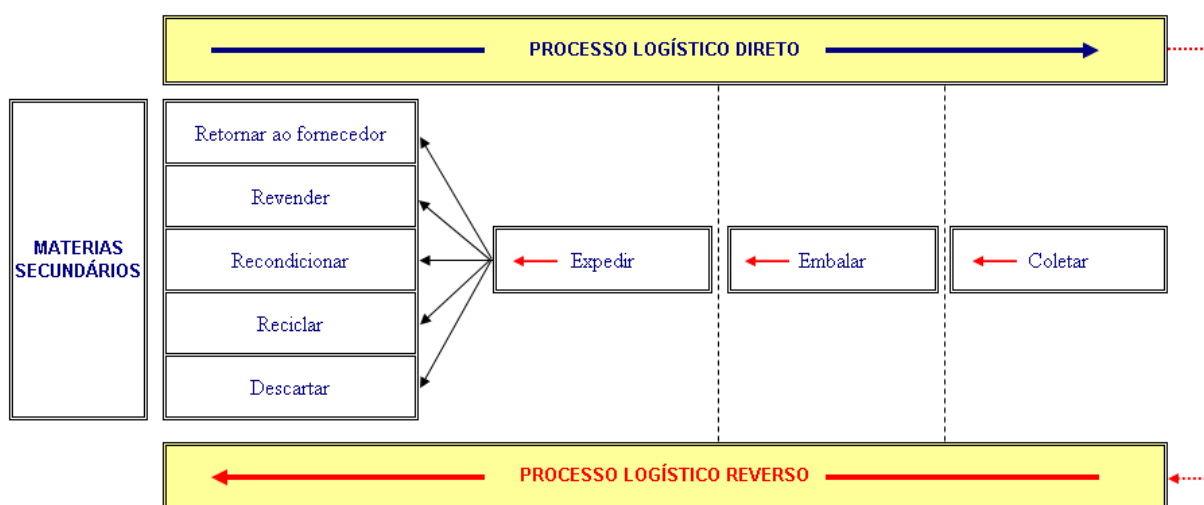


Figura 1 – Atividades Típicas do Processo Logístico Reverso (Leite, 2009)

2.2. Perspectiva de Aplicação da Logística Reversa

Perspectiva estratégica: é desenvolvida a partir da constante mudança no setor empresarial que se deriva da sociedade, governo, comunidade locais, dentre outros. É estruturada levando em consideração a competitividade e sustentabilidade as empresas de acordo com o setor econômico e ambiental, através da recuperação de valor financeiro, surgimento de legislação, demonstração de responsabilidade empresarial, dentre outros (LEITE, 2009).

Perspectiva operacional: acontece a partir da utilização de ferramentas da logística, tais como: definição da rota (origem e destino), tipo de transporte, sistema de informações, caracterização do produto, entre outros. Ou seja, a perspectiva operacional se expande utilizando ferramentas da logística (LEITE, 2009).

O objetivo da logística reversa é fazer com que seja possível a realização do retorno dos bens (ou materiais) que constitui o ciclo dos negócios. Ao se planejar as redes de reservas, obtém como retorno a valorização do setor econômico, ecológico, de serviço, etc.

Um dos desafios para as empresas atualmente é produzir o máximo possível, com o menor custo e o menor impacto ao meio ambiente, visando a sustentabilidade. Atualmente as empresa se adequam para atender as legislações, como por exemplo: adequação do selo verde, identificação dos produtos transgênicos, dentre outros. A logística reversa está caminhando lado a lado com a sustentabilidade, a partir do momento que torna possível o retorno do produto de pós-venda

ou pós-consumo, já elimina o descarte incorreto do produto “geralmente levado ao aterro sanitário” e pode proporcionar a reciclagem do mesmo de acordo com o ciclo de vida produtivo.

Quando aplicamos a logística reversa em serviço, ela também está agindo de maneira amigável ao meio ambiente, observando-se o transporte, mais especificamente o modal rodoviário, por exemplo: os caminhões percorrem uma rota apenas uma vez (ida e volta) e deixa de percorrer essa mesma rota duas vezes, ele está deixando de emitir gás carbônico (CO₂), que antes de obter a logística reversa ele iria emitir o dobro.

Segundo Leite (2009), a logística empresarial nos dias atuais tem como auxílio a logística reversa que se aplica ao retorno de produtos ou serviços, visando lucro para a empresa de maneira sustentável.

2.3. Pesquisa Operacional

Durante a segunda Guerra mundial (1939-1945) surgiu uma importante ferramenta para solução de problemas de natureza logística, tática e de natureza Militar “Pesquisa Operacional”. Desde então vem se aplicando a pesquisa operacional, para auxiliar em várias áreas industriais e comerciais, tais como: estratégica, marketing, finanças, otimização de rotas, operações, logística, entre outras. É uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão (ANDRADE, 2004).

Devido à complexidade do problema é necessário um modelo, na qual é uma representação simplificada de um problema existente ou que possa vir a existir. O modelo a ser analisado é composto por três variáveis de decisão: variáveis de decisão e parâmetros, função objetivo e as restrições.

A variável de decisões se divide em três subgrupos, as variáveis contínuas são de caráter quantitativo e podem assumir qualquer valor real, por exemplo: quantidade que a fábrica irá produzir de um determinado produto. Enquanto as variáveis discretas podem assumir qualquer valor inteiro, possui como característica procedência de determinada contagem, exemplo: Número de trabalhadores dentro de uma organização. Já as variáveis binárias, quando possui característica positiva assumem valor 1 ou 0 caso contrário. Parâmetros: são valores conhecidos do problema.

Função Objetiva é criada a partir das variáveis de decisões e parâmetros, que busca a solução para o problema e alcançar valores antes determinados, essa função pode se caracterizar como: maximização ou minimização de (custos, lucros, risco, entre outros).

As restrições, são realizadas de modo a considerar as limitações físicas do problema em análise, são apresentadas por um conjunto de equações e inequações de acordo com cada situação.

2.4. Roteirização

Segundo Taha (2008), a roteirização é uma atividade que tem por objetivo determinar trajetos, roteiros, ou sequências de parada, buscando a minimização do tempo, a menor distância a ser percorrida e o menor custo que a operação pode gerar, assim, atendendo a necessidade de atingir todos os locais pré-determinados, garantindo a melhor condição possível, buscando o melhor resultado.

Basicamente o problema de roteirização pode ser compreendido através da necessidade de atender um conjunto de clientes dispersos geograficamente com demandas conhecidas partindo de um ponto de referência. Um aspecto que pode ser observado em problemas de roteirização é a possibilidade das rotas se cruzarem ou não durante o trajeto determinado. Se a rota possui cruzamentos durante o trajeto a ser percorrido podemos dizer que a rota escolhida não é a que atende da melhor maneira as necessidades, isso quer dizer que a rota determinada não pode ser considerada eficaz.

Para encontrar uma solução viável para esse problema de roteirização, podemos utilizar métodos heurísticos, como o método das economias, que visa minimizar a distância total percorrida por todos os veículos e minimizar indiretamente o número total de veículos para atender a todos os pontos. Outro método que podemos analisar é o uso da teoria dos grafos. Com a teoria dos grafos podemos resolver inúmeros problemas de roteirização analisando as necessidades a serem atendidas.

Dentro da teoria dos grafos temos o problema do caminho mínimo que consiste basicamente na minimização do custo de travessia de um grafo entre dois nós (vértices), onde o custo é dado pela soma dos pesos de cada aresta percorrida.

Para resolver o problema da otimização da rota podemos utilizar algoritmos como:

- Algoritmo de Dijkstra: O algoritmo de Dijkstra identifica, a partir de um vértice do grafo, qual é o custo mínimo entre esse vértice e todos os outros do grafo.
- Algoritmo de Floyd-Warshall: O algoritmo de Floyd-Warshall encontra as distâncias entre os menores caminhos de todos os pares de vértices de um grafo.

Para realizar a otimização de rotas é necessário avaliar os critérios a serem observados, considerando as restrições de tempo, do caminho a ser percorrido, e os custos adicionais que podem ser gerados através de rotas que não apresentam soluções eficientes (TAHA, 2008).

2.5. Lingo

O Lingo é um método computacional utilizado na resolução dos problemas de pesquisa operacional, tem uma linguagem de programação considerada de alto nível, que proporciona a solução de grandes problemas de forma concisa. Com uma linguagem aberta e simples, permitindo assim, conexões com vários outros Softwares. É ferramenta frequentemente utilizada visando à otimização, tais como: problemas de maximização de lucro, minimização de custo, logística e vários outros casos.

Uma das suas principais característica é a não limitação em relação ao número de restrições, de suas variáveis reais, inteiras e binárias possui uma relação com as linguagens Visual Basic, C, C++, entre outras. Possui uma diversidade em relação à quais problemas de programação linear ele apresenta soluções, são eles: Programação linear, não linear e inteira. Existem duas maneiras de fazer a leitura da entrada de dados, podendo ser feita diretamente do Lingo ou de planilhas eletrônicas, por exemplo: Excel (ABELFIORE,P.; FÁVERO,L.P.2013).

3. Estudo de Caso

No presente trabalho é apresentado um caso que visa otimizar a rota de uma empresa que presta serviços contábeis e administrativos, usando conceitos de pesquisa operacional juntamente com logística. A empresa é situada no centro da cidade de Ituiutaba – MG e presta serviços para empresas que estão alocadas em quatro regiões diferentes. As regiões são denominadas como: Região 1, Região 2, Região 3 e Região 4. A rota foi percorrida uma vez por mês a serviço do escritório para entrega de documentos do departamento pessoal para as empresas e o retorno do departamento fiscal para o escritório. Esse serviço gera um custo com combustível de R\$0,11 para cada quilômetro percorrido.

Mesmo o custo do serviço não sendo alto, é possível otimizar essa rota, gerando um custo mínimo para o escritório.

Primeiramente foi realizada a esquematização do problema, utilizando programação linear com a teoria de Dijkstra e Floyd-Warshall para otimização dos caminhos curtos. A Figura 2 ilustra a representação gráfica sintética das rotas possíveis.

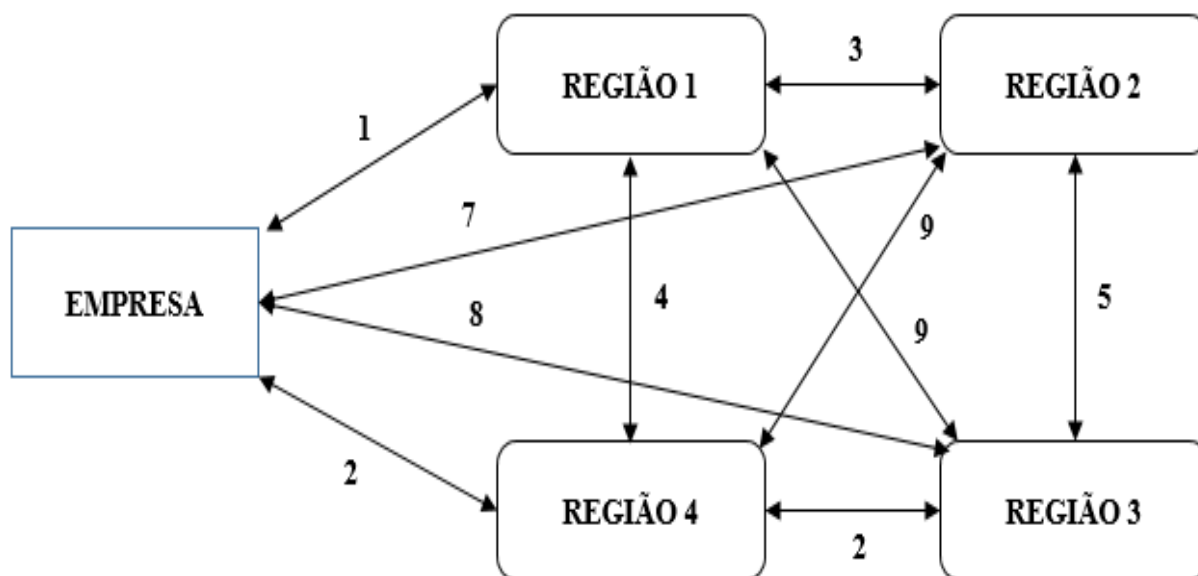


Figura 2: Representação Gráfica Sintética das Rotas Possíveis.

Formulação do Modelo da Programação Linear:

Função Objetiva:

$$[FO] \min z = 0.11 * \sum \sum (x_{ij} * \text{distância } ij / 2).$$

Onde:

[FO] - Função objetiva.

x_{ij} - Variáveis de decisão ou discretas.

distâncias ij - Todas as distancias possíveis.

Restrições:

$$[Rn] = \sum \sum x_{ij} = 2 \text{ e } \forall x_{ij} \in \{1, 0\}.$$

Onde:

[Rn] - Conjunto de restrições.

x_{ij} - Variáveis de decisão ou discretas.

Utilizando o software lingo que é uma ferramenta computacional para otimização de problemas, foi feita uma programação linear para o caso em questão. Primeiramente foi feita a declaração das variáveis conhecidas: nome, distância e a matriz (nome, distância), aonde nome varia de i e distância varia de j . Depois da declaração das variáveis a matriz a e variáveis de decisão ou discretas, denominadas $ven(x_{ij})$, são declaradas em seguida. A matriz a recebe os valores denotados na esquematização, aonde os valores de nome i e distancia j se coincidem receberam um valor exorbitante, pois quando esses valores se coincidem significa que a distancias entre eles é 0. Após a declaração da matriz, a função objetiva e as restrições representadas acima foram descritos de acordo com a programação do lingo. Na Figura 3 é apresentado o código fonte do problema no lingo.

```

model:
!Declaração das Variáveis nome e distancia;
sets:
    nome /1..5/;
    distancia /1..5/;
    matriz(nome, distancia): a, ven;
endsets
!Declaração da Matriz da distancia;
data:
    a= 110 1 7 8 2
        1 110 3 9 4
        7 3 110 5 3
        8 9 5 110 2
        2 4 3 2 110;
enddata
!Fo valor do custo * ( Distancias * xij);
[FO] min=(0.11*(@sum(matriz:a*ven))/2);
!Restrição que somatório de x(i,j)+1= 1;
@for(nome(i): @sum(distancia(j): ven(i,j))=2);
!Retrição que todo x eh (0 ou 1);
@for(matriz(i,j):@bin(ven));
end

```

Lingo 15.0 Solver Status [mat (2)]

Solver Status		Variables	
Model Class:	PILP	Total:	25
State:	Global Opt	Nonlinear:	0
Objective:	1.32	Integers:	25
Infeasibility:	0	Constraints	
Iterations:	0	Total:	6
		Nonlinear:	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
Solver Type:	B-and-B	Total:	50
Best Obj:	1.32	Nonlinear:	0
Obj Bound:	1.32	Generator Memory Used (K)	
Steps:	0	29	
Active:	0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:00	

Update Interval: 2 Interrupt Solver Close

Figura 3 – Código fonte do problema no lingo.

A Figura 4 demonstra os resultados obtidos pelo lingo.

VEN (1, 1)	0.000000	6.050000
VEN (1, 2)	1.000000	0.550000E-01
VEN (1, 3)	0.000000	0.3850000
VEN (1, 4)	0.000000	0.4400000
VEN (1, 5)	1.000000	0.1100000
VEN (2, 1)	1.000000	0.550000E-01
VEN (2, 2)	0.000000	6.050000
VEN (2, 3)	1.000000	0.1650000
VEN (2, 4)	0.000000	0.4950000
VEN (2, 5)	0.000000	0.2200000
VEN (3, 1)	0.000000	0.3850000
VEN (3, 2)	1.000000	0.1650000
VEN (3, 3)	0.000000	6.050000
VEN (3, 4)	1.000000	0.2750000
VEN (3, 5)	0.000000	0.4950000
VEN (4, 1)	0.000000	0.4400000
VEN (4, 2)	0.000000	0.4950000
VEN (4, 3)	1.000000	0.2750000
VEN (4, 4)	0.000000	6.050000
VEN (4, 5)	1.000000	0.1100000
VEN (5, 1)	1.000000	0.1100000
VEN (5, 2)	0.000000	0.2200000
VEN (5, 3)	0.000000	0.4950000
VEN (5, 4)	1.000000	0.1100000
VEN (5, 5)	0.000000	6.050000
Row Slack or Surplus Dual Price		
FO	1.430000	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000

Figura 4 – Resultados obtidos pelo lingo.

Com o resultado temos todos os valores relacionados à solução do problema. Como foi usado variáveis binárias, podemos observar, que todas as variáveis que estão na solução ótima, receberam valor 1, e as que não estão na solução ótima receberam valor 0. Assim temos condições de retirar e observar as melhores rotas, como o interesse é minimizar o custo, o somatório de todos os valores das distâncias multiplicado pelas nossas variáveis (que receberam valor 1) foram multiplicados novamente pelo custo do combustível por quilômetro rodado (valor do mesmo foi dado pelo enunciado do problema).

Temos então o caminho da empresa para região 1, região 2, região 3, região 4 e volta para empresa ou vice versa, com o valor de custo de R\$1,43 aplicado para todas as rota. Na Figura 5 é ilustrado a representação gráfica sintética das rotas.

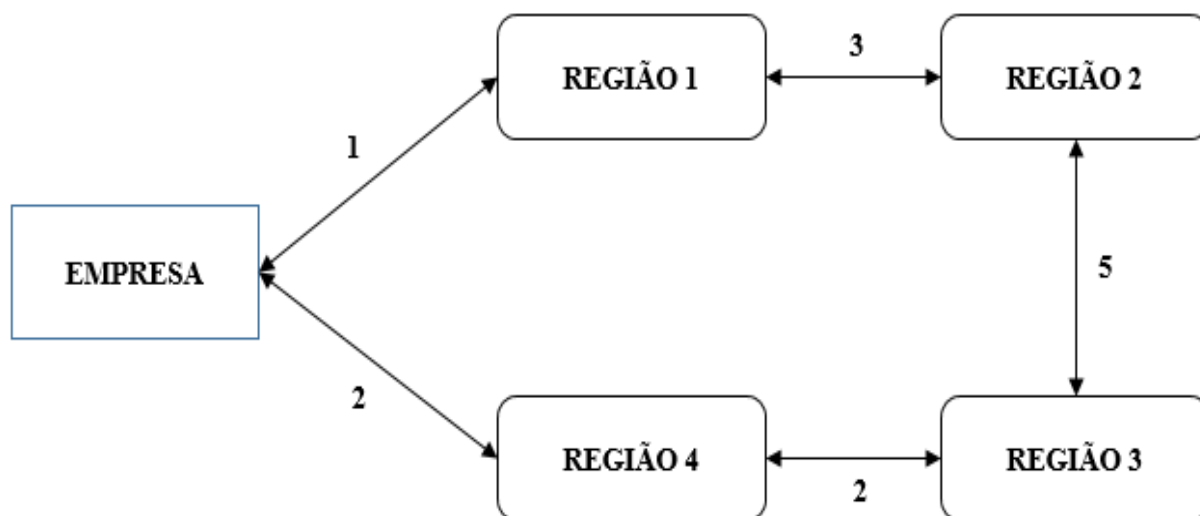


Figura 5: Representação Gráfica Sintética das Rotas.

4. Considerações Finais

Observando o novo mercado aonde as pequenas e médias empresas estão cada vez mais aprimorando o controle de seus custos, buscando maior competitividade e lucro no mercado, apostam no gerenciamento de controle de suas operações com objetivo diminuir suas despesas, começam a ter um olhar mais eficiente em todas as áreas operacionais. Diante desse mercado, sabendo que o custo logístico para uma organização é custo necessário, a proposta desse trabalho foi estudar e verificar um problema relacionado a logística, onde não era possível oferecer um bom nível de serviço.

Com o auxílio da pesquisa operacional e suas ferramentas (por exemplo: software lingo) é possível modelar de maneira linear e não linear problemas que se relacionam com a logística. Com essas técnicas pode-se trabalhar com a redução do custo logístico e medir o nível de serviço e o custo da operação, tendo assim, possibilidade de aprimoramento da gerencia logística e consequentemente redução de custos.

Foi realizada a pesquisa na empresa estudada para melhorar a rota de entrega dos documentos. Construiu-se um modelo matemático para definir a função principal e as restrições, assim foi possível descobrir a melhor rota usando o software lingo. Através desse software encontrou-se a melhor rota para entrega dos documentos. A definição da melhor rota contribuiu para minimizar o custo das entregas. Colocar em prática o gerenciamento logístico, através da Programação Linear mostrou como é importante o uso dessa ferramenta gerencial para a escolha das melhores decisões no âmbito empresarial. Importante salientar que o modelo pode ser expandido para uma empresa de grande porte, usando uma maior quantidade de destinos e rotas. A utilização do software computacional mostrou ser muito eficiente para a resolução de problemas de rotas, como o descrito nesse trabalho. Foi possível encontrar a solução dos problemas, assim como testar se elas são as soluções ótimas ou não. O programa computacional usado é de fácil compreensão e acesso.

Referências

ANDRADE, E. L. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão*. 3.ed. -. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e científicos, 2004.

ABELFIORE,P.; **FÁVERO,L.P** . *Pesquisa Operacional: Para Cursos de Engenharia*. 1.ed. -. CAMPUS-RJ, 2013.

BALLOU, R. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. 5. ed. Bookman 2006.

BERTAGLIA,P. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento*. 2.ed. -.Editora Saraiva – 2003.

BOWERSOX, D.; **CLOSS, D.** *Logística Empresarial: O processo de Integração da Cadeia de Suprimento*. 1.ed. -.Editora Atlas S.A – 2007.

LEITE,P. *Logística Reversa*. 2.ed, 2009.

TAHA,HAMDY.A. *Pesquisa Operacional*. 8.ed. -. Prentice Hall, 2008.