

Programação linear: um estudo de caso sobre os custos de transporte do setor logístico Belém-Pa/Brasil

Linear Programming: a case study on transport costs in the logistics sector Belém-Pa/Brazil

DOI:10.34117/bjdv6n10-494

Recebimento dos originais: 19/09/2020

Aceitação para publicação: 23/10/2020

Wilson Antonio Ferreira Costa

Mestre em Engenharia civil Universidade Federal do Pará – UFPA
Endereço: R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110
e-mail: Wilsontonio3@gmail.com

Bruna Baia da Cunha

Mestre em Engenharia civil Universidade Federal do Pará - UFPA
Endereço: R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110
e-mail: brunabcunha@ufpa.br

Ana Carla Pereira da Silva

Mestre em engenharia de Produção com ênfase em transporte e logística Puc-Rio
Estácio Belém
Endereço: Av. governador José Malcher 1007
e-mail: Carla.ana@estacio.br

RESUMO

A Pesquisa Operacional (PO) é uma ferramenta de tomada de decisão muito importante devido a sua forma racional de proceder. O objetivo do presente artigo é reduzir os custos de transporte de uma empresa que atua no setor logístico da cidade de Belém- PA, pelo uso da Programação Linear. Para tanto, os procedimentos de pesquisa adotados foram o estudo de caso e a pesquisa experimental. Foi construído um modelo matemático e feita a comparação entre as informações sobre a situação atual da empresa e sobre os melhores cenários gerados pela modelagem matemática.

Palavras chave: Pesquisa Operacional, Programação linear, Minimizar custos e transporte.

ABSTRACT

Operational Research (OP) is a very important decision making tool due to its rational way of proceeding. The objective of this article is to reduce the transportation costs of a company that operates in the logistics sector of the city of Belém- PA, through the use of Linear Programming. For this purpose, the research procedures adopted were the case study and the experimental research. A mathematical model was constructed and information about the current situation of the company and the best scenarios generated by mathematical modeling were compared.

Keywords: Operational Research, Linear Programming, Minimize Costs and Transportation.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, mudanças no mercado global têm alterado preços e a visão do consumidor aumentando assim suas exigências com relação à produção e a agregação de valor aos seus produtos e serviços desde o início da cadeia até o final desta, com a entrega definitiva. A grande competitividade no mercado obriga as empresas a oferecerem diferenciais que buscam atender as necessidades dos clientes com o produto certo, no tempo certo e no lugar certo, oferecendo produtos de qualidade, preço justo e excelente serviço (SLACK, 2009).

Gastos e tentativa de otimização, são fatores comuns no cotidiano de pessoas físicas e jurídicas. Qual empresa que nunca mudou uma rota dos seus veículos tentando achar o caminho mais curto ou mais econômico para atingir ou concluir determinada meta?

O grande desafio das organizações está centrado na capacidade de busca de novas tecnologias, novos mercados e novos métodos de gerenciamento, devido ao ambiente competitivo na qual estão inseridas. Essas representações darão suporte à decisão por retratar um problema real.

Bueno (2007) afirma que as representações com modelagem matemática ou simbólica, são formadas por variáveis de decisão (parâmetros para tomada de decisão) e expressões matemáticas (relações entre as variáveis), entre essas modelagens matemática está à pesquisa operacional como tomada de decisão.

A Pesquisa Operacional, especificamente, oferece aos gerentes a capacidade de tomar decisões mais eficazes e de estabelecer sistemas mais produtivos, por meio de informações mais completas realizam-se previsões cuidadosas de resultados e estimativas de risco com ferramentas atuais e técnicas de decisão (MOREIRA, 2007).

Diante dessa realidade, as empresas podem utilizar essas técnicas para rever suas operações com intuito de auxiliar na boa execução das estratégias, visando aumentar a eficiência das suas atividades e minimizar seus custos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PESQUISA OPERACIONAL

A pesquisa operacional é uma ciência multidisciplinar voltada para a resolução de problemas reais, com foco na tomada de decisões, utilizando-se de métodos matemáticos, algoritmos computacionais e análise estatística. Possui aplicações em diversas áreas, tais como: planejamento financeiro, transportes, manufatura, telecomunicações, etc.

A Segunda Guerra Mundial foi o marco para uso da terminologia Pesquisa Operacional, quando equipe de pesquisadores intensificou a busca por métodos para solução problemas específicos de operações militares (ANDRADE, 2004). Após a guerra estenderam-se as aplicações para o meio acadêmico e empresarial.

Dois aspectos foram decisivos para o desenvolvimento da história da Pesquisa Operacional, o primeiro aspecto refere-se ao avanço nas técnicas de Pesquisa Operacional, devido às importantes técnicas para formulação de problemas que surgiram, e o segundo aspecto corresponde a maior popularização dos computadores (MOREIRA, 2007).

Várias são as definições atribuídas ao termo. Para Moreira (2007) problemas que visam à condução e gestão de determinadas operações em uma organização é tratado pela pesquisa operacional. O campo da pesquisa operacional possui ampla aplicabilidade em diversas áreas, como indústria, transportes, telecomunicações, finanças, saúde, serviços públicos, operações militares.

Arenales et al. (2007), apresentam o enfoque do conceito na tomada de decisão. Nesta perspectiva, autores, definem a pesquisa operacional como abordagem científica para as decisões que são adotadas, na busca por melhor alocação dos recursos da empresa, tende-se a decidir como melhor planejar e operar um sistema. Dessa forma, a pesquisa operacional busca a melhor decisão para um problema.

Um estudo em Pesquisa Operacional, segundo Moreira (2007) apresenta algumas etapas que serão consideradas individualmente para efeito didático. Essas etapas são: definição da situação-problema; formulação de um modelo quantitativo; resolução do modelo e encontro da melhor solução; consideração dos fatores imponderáveis; Implementação da solução.

Os modelos que interessam em Pesquisa Operacional são os modelos matemáticos. Moreira (2007) salienta que “[...] no caso dos modelos matemáticos as relações entre as variáveis do problema devem ser representadas por sistemas de símbolos e relações matemáticas”. Os bons modelos serão os mais próximos da realidade e de fácil experimentação.

Moreira (2007) esclarece os principais elementos que existem em um modelo matemático:

- Variáveis de decisão e parâmetros: por meio da função-objetivo, surgem variáveis fundamentais, essas variáveis são denominadas de variáveis de decisão. Os parâmetros são valores fixos no problema;
- Restrições: retratam a insuficiência dos recursos e os limites impostos sobre as ações, com o objetivo de maximizar a função-objetivo;
- Função Objetivo: é uma função matemática formada por uma combinação linear das variáveis

de decisão.

Conseguir uma solução ótima, ou seja, a melhor de todas, é a idéia fundamental, às vezes, isso exige a solução de um sistema de equações e inequações como na programação linear (MOREIRA, 2007).

2.1.1 Programação Linear

Um dos modelos matemáticos mais utilizados nos problemas de pesquisa operacional é a programação linear, devido sua ampla aplicabilidade.

Em linhas gerais, a programação linear busca, entre as inúmeras tarefas ou atividades, descobrir a melhor distribuição dos recursos a fim de obter um valor ótimo do objetivo desejado (ANDRADE, 2007).

Os problemas de alocação de recursos distinguem-se pela existência de um objetivo explícito por meio de variáveis de decisão e pela existência de restrições para alocar os recursos devido às quantidades disponíveis e a forma de aplicá-los (ANDRADE, 2007).

A programação linear, segundo Colin (2007) é uma das técnicas mais poderosas dentre as ferramentas gerenciais disponíveis, já que existe uma segurança relativamente grande de não existir outra solução melhor quando a modelagem e a solução são apropriadas. As pessoas que se utilizam dessa técnica frequentemente a vêem como uma condição essencial para a lucratividade e sobrevivência no longo prazo e os usuários que se utilizam dela com menor frequência encontram no método fontes de vantagem competitiva duradoura.

O campo de aplicabilidade da programação linear é bastante amplo, com isso tornou-se uma das técnicas mais eficazes na gestão, com aplicações em: organização de transportes e estoques, estudos de fluxos de caixa, investimentos e sistemas de informações, além dos clássicos problemas de produção e de mistura de componentes (ANDRADE, 2007).

Sob essa perspectiva, Pizzolato e Gandolpho (2009), classificam que a programação linear possui como características fundamentais:

- Variáveis de decisão: x_j , sendo $j = 1, 2, \dots, n$;
- Função objetivo Z a ser otimizada;
- Restrições lineares;
- Não negatividade das variáveis de decisão, $x_j \geq 0$

Com isso o problema em questão é representado por meio da programação linear por meio de modelos matemáticos.

2.2 LOGÍSTICA

A logística, por ser um processo organizacional que tem interface com clientes e fornecedores externos, participa decisivamente do desempenho final da empresa. Logo, o gerenciamento do seu processo de maneira eficiente e eficaz é um requisito básico e essencial.

Segundo Martins e Alt (2006), é de competência da logística o planejamento, a operação e controle do fluxo de mercadorias e informações, desde os fornecedores até os consumidores.

A logística contribui para a estrutura dos custos das empresas, assim como para o produto interno bruto das nações. Dados estimam que cerca de 17% do PIB brasileiro são gastos com atividades logísticas (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2007). O que demonstra a relevância da logística devido aos custos que são gerados com suas atividades.

O gerenciamento logístico tem como principal obstáculo a falta de informação sobre os seus custos, já que os sistemas mais utilizados não realizam uma análise bem detalhada, o que dificulta a identificação do potencial de negociação que pode existir dentro do sistema logístico (SEGRETI; FARBER; MONDINI, 2004). Com isso, a tomada de decisão pode estar sujeita a resultados imprevistos que interferirá nas atividades logísticas e provocará custos adicionais

Segundo Ballou (2007), o componente de maior importância no custo logístico na maioria das empresas é o transporte. Este contribui com cerca de dois terços do gasto logístico e entre 9 e 10% do produto nacional bruto. Devido a isso, é comum se deparar com a afirmação de que os custos logísticos envolvem apenas os custos com transporte.

Por meio do acesso aos meios de transporte com menores custos e com melhores sistemas, a estrutura econômica começa a se igualar de uma economia desenvolvida, possibilitando aumento da concorrência no mercado, garantia de economia de escala na produção e redução de preços das mercadorias (BALLOU, 2007).

Bertaglia (2006) afirma que devido aos altos custos e as elevadas oportunidades, o processo de distribuição tem sido foco nas empresas. Examinam-se formas de obter vantagem competitiva e disponibilizar aos consumidores os produtos, principalmente os produtos de bens de consumo. A relevância dos aspectos como velocidade, confiabilidade e controlabilidade, tem consequência na competitividade do processo de distribuição.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A estratégia de pesquisa adotada foram: O estudo de caso (YIN, 1990) e a pesquisa experimental (CRESWELL, 1994; BRYMAN, 1989). A escolha pelo método de estudo de caso, deve-se ao objetivo principal deste trabalho de otimizar os custos de transporte de uma empresa específica, realizando um estudo aprofundado da realidade dessa empresa, que irá dar suporte para tratar a problemática em questão e atingir os objetivos propostos. Devido à abordagem quantitativa e à utilização de modelagem matemática, escolheu-se a pesquisa experimental para a realização deste estudo.

Para a coleta de dados, a pesquisa documental e entrevista, foram os tipos adotados (MARCONI; LAKATOS, 2006). Seguindo essa perspectiva de coleta de dados, o trabalho realizou os seguintes passos.

Pimeiro passo: Realizada na empresa objeto do estudo, no qual foi marcada por busca de maior familiaridade da empresa e conhecimento dos seus processos, para identificação e definição de um problema a ser tratado;

Segundo Passo: Definiu-se o problema real a ser estudado;

Terceiro Passo: Realizou-se nova entrevista a cerca do problema, objetivando caracterizar os problemas atuais da logística de transportes da empresa estudada. Nessa etapa, além da entrevista estruturada, documentos sobre custos de transportes foram pesquisados para caracterizar o cenário atual da empresa.

A empresa estudada utiliza transporte de terceiros para levar seus produtos até seus revendedores. Devido a isso, a terceira etapa foi realizada por meio de entrevista nas empresas de transporte que são responsáveis por essa entrega. Investigou-se os custos para os locais de entrega, o limite de carga e o prazo em cada empresa.

A análise dos dados foi realizada com base em métodos/técnicas de Pesquisa Operacional, mais especificamente, por meio de modelos matemáticos de Programação Linear (PL).

A forma geral dos problemas de PL é apresentada a seguir (LACHTERMACHER, 2007, p. 19):

Otimizar: $Z = f (X_1, X_2, \dots, X_n)$

Sujeito a:

$$\left. \begin{array}{l} g_1 (X_1, X_2, \dots, X_n) \\ g_2 (X_1, X_2, \dots, X_n) \\ \vdots \\ g_m (X_1, X_2, \dots, X_n) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \left\{ \begin{array}{l} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{array} \right.$$

$$f(X_1, X_2, \dots, X_n) = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$g_i(X_1, X_2, \dots, X_n) = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + a_{i3}X_3 + \dots + a_{in}X_n, \text{ para } i = 1, \dots, m$$

m

- n é o número de variáveis;
- m é o número de restrições do problema;
- i é o índice de uma determinada restrição (i = 1, 2 ... m);
- j é o índice de uma determinada variável (j = 1, 2 ... n);
- c_j é o coeficiente (constante) da variável x_j da função-objetivo;
- a_{ij} é o coeficiente (constante) da variável x_j da j-ésima restrição

Após a definição das variáveis de decisão, da função objetivo e das restrições, construiu-se o modelo matemático. A solução foi programada em computador para facilitar sua utilização na empresa.

A planilha eletrônica da MS-Excel® foi utilizada nesse estudo, juntamente com a ferramenta Solver, que é integrada nessa planilha.

4 RESULTADOS

Identificou-se na empresa estudada que o transporte dos produtos era feito por meio da terceirização do serviço e a responsável pela escolha da transportadora fazia de forma intuitiva de acordo com as opções de mercado. A escolha da transportadora por intuição era a única alternativa viável já que as informações sobre custos, prazos e limitações não eram bem detalhadas e analisadas.

Devido a isso, a logística de transporte pode trazer custos desnecessários que impacta diretamente nos lucros da empresa. Com o objetivo de otimizar os custos de transporte e melhorar o processo de tomada de decisão, o estudo irá realizar um processo de modelagem da situação e comparar o mesmo cenário ocorrido na empresa na falta e na presença da modelagem do problema, nos meses de maio, junho, julho e agosto de 2015.

No primeiro momento, observou-se que a empresa utiliza as seguintes transportadoras para distribuir seus produtos: A, B, C e D, a empresa C possui duas formas distintas de entrega, que serão denominadas C1 e C2, por questão de sigilo, as empresas transportadoras receberam essas denominações. As principais cidades que a empresa destina seus produtos são: São Paulo, Fortaleza, Curitiba e Espírito Santo.

A seguir, a pesquisa foi realizada em cada transportadora para identificar os custos, o prazo de entrega e as limitações de cada empresa para cada destino.

Os custos foram baseados na caixa que a empresa transporta seus produtos, que possui largura de 70 cm, comprimento de 50 cm, altura de 50 cm e peso de 12 kg.

4.1 ANALISE DO PROBLEMA

A demanda para cada cidade, bem como o prazo de entrega solicitado e efetivado e a transportadora utilizada é apresentada.

Durante o mês de maio/2015, a empresa enviou quatro caixas para São Paulo, oito caixas para Fortaleza, duas caixas para Curitiba e seis caixas para Espírito Santo, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Custo total de transporte em maio/2015 para a situação atual

Cidade	Demanda	Prazo Solicitado (dias)	Prazo Efetivado (dias)	Custo Total	Transportadora Utilizada
São Paulo	4	4	4	R\$ 184,00	A
Fortaleza	8	9	9	R\$ 445,76	B
Curitiba	2	3	3	R\$ 235,66	C2
Espírito Santo	6	10	6	R\$ 334,80	B
TOTAL				R\$ 1200,22	

Fonte: Dados da pesquisa

No mês de junho/2015, foi enviado para São Paulo, Fortaleza, Curitiba, e Espírito Santo, cinco, dez, três e oito caixas, respectivamente, conforme pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Custo total de transporte em junho/2015 para a situação atual

Cidade	Demanda	Prazo Solicitado (dias)	Prazo Efetivado (dias)	Custo Total	Transportadora Utilizada
São Paulo	5	7	4	R\$ 230,00	A
Fortaleza	10	15	10	R\$ 499,20	C1
Curitiba	3	3	3	R\$ 353,49	C2
Espírito Santo	8	10	6	R\$ 399,36	C1
TOTAL				R\$ 1482,05	

Fonte: Dados da pesquisa

Ao longo o mês de julho/2015, foi enviado para São Paulo quatro caixas, para Fortaleza seis caixas, para Curitiba três caixas e para Espírito Santo quatro caixas, vide Tabela 3.

Tabela 3 - Custo total de transporte em julho/2015 para a situação atual

Cidade	Demanda	Prazo Solicitado (dias)	Prazo Efetivado (dias)	Custo Total	Transportadora Utilizada
São Paulo	4	10	4	R\$ 196,00	A
Fortaleza	6	5	3	R\$ 797,82	C2
Curitiba	3	6	6	R\$ 150,00	A
Espírito Santo	4	5	5	R\$ 208,00	A
TOTAL				R\$ 1351,82	

Fonte: Dados da pesquisa

No mês de agosto/2015, para São Paulo foram enviados três caixas, Fortaleza seis, Curitiba duas e Espírito Santo quatro (vide Tabela 4).

Tabela 4 - Custo total de transporte em agosto/2015 para a situação atual

Cidade	Demanda	Prazo Solicitado (dias)	Prazo Efetivado (dias)	Custo Total	Transportadora Utilizada
São Paulo	3	5	5	R\$ 146,70	B
Fortaleza	6	10	8	R\$ 336,00	A
Curitiba	2	6	6	R\$ 100,00	A
Espírito Santo	4	10	6	R\$ 208,00	A
TOTAL				R\$ 790,70	

Fonte: Dados da pesquisa

Custo total gerado para o transporte das mercadorias, durante o período de maio a agosto de 2015, na empresa foi de R\$ 4.824,79.

4.2 CRIAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA

O modelo matemático foi construído para o tratamento do problema de minimização de custos de transporte, e por meio dele, simulações foram realizadas com base no mesmo cenário de demanda e prazo dos quatro meses de 2015. O modelo matemático determinou a transportadora que deveria ser utilizada para minimizar os custos da empresa.

O Solver do MS-Excel® gera o relatório de resposta, o relatório de sensibilidade e o relatório de limite.

As variáveis se resumem em determinar a quantidade de caixas a serem enviadas para cada destino pelas empresas transportadoras, com isso as variáveis relevantes do problema são:

X1 - Quantidade de caixas a serem enviadas para São Paulo pela empresa A X2 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para São Paulo pela empresa B X3 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para São Paulo pela empresa C1 X4 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para São Paulo pela empresa C2 X5 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para São Paulo pela empresa D X6 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Fortaleza pela empresa A X7 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Fortaleza pela empresa B X8 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Fortaleza pela empresa C1 X9 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Fortaleza pela empresa C2 X10 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Fortaleza pela empresa D X11 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Curitiba pela empresa A X12 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Curitiba pela empresa B X13 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Curitiba pela empresa C1 X14-

Quantidade de caixas a serem enviadas para Curitiba pela empresa C2 X15 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Curitiba pela empresa D

X16 - Quantidade de caixas a serem enviadas para Espírito Santo pela empresa A X17 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Espírito Santo pela empresa B X18 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Espírito Santo pela empresa C1 X19 -

Quantidade de caixas a serem enviadas para Espírito Santo pela empresa C2 X20-

Quantidade de caixas a serem enviadas para Espírito Santo pela empresa D

As variáveis de decisão que vão de X1 a X20 representam a quantidade de caixas a serem enviadas pelas transportadoras. Portanto, são os valores procurados que darão a solução do problema, considerando o custo de cada caixa para cada destino dados adquiridos in loco. A função objetivo é assim apresentada:

$$\text{Minimizar: } Z = 49,00*(X1) + 48,90*(X2) + 49,92*(X3) + 117,83*(X4) + 35,00*(X5) + 56,00*(X6) + 55,72*(X7) + 49,92*(X8) + 132,97*(X9) + 0,00*(X10) + 50,00*(X11) + 49,31*(X12) + 49,92*(X13) + 117,83*(X14) + 35,00*(X15) + 52,00*(X16) + 55,08*(X17) + 49,92*(X18) + 117,83*(X19) + 35,00*(X20)$$

A primeira limitação do modelo matemático foi dada pela empresa estudada, que restringiu o número máximo de caixas que podem ser transportados em cada transportadora. Assim, definiu-se que cada empresa poderá enviar no máximo 10 caixas. Outra restrição diz respeito à transportadora D que não tem frota para as cidades de Fortaleza e Espírito Santo, portanto o número de caixas para esses destinos é de zero. Além disto, foram definidas as restrições que definem a quantidade de caixas por cada transportadora que irá variar de acordo com o número de caixas que a empresa necessita enviar para cada destino. As restrições adicionais referem-se a números não-negativos e números inteiros. As restrições podem ser assim representadas:

$$X1 \leq 10 \text{ Número máximo de caixas pela A - São Paulo } X2 \leq$$

$$10 \text{ Número máximo de caixas pela B - São Paulo } X3 \leq 10$$

$$\text{Número máximo de caixas pela C1 - São Paulo } X4 \leq 10$$

$$\text{Número máximo de caixas pela C2 - São Paulo } X5 \leq 10$$

$$\text{Número máximo de caixas pela D - São Paulo } X6 \leq 10$$

$$\text{Número máximo de caixas pela A - Fortaleza } X7 \leq 10 \text{ Número}$$

$$\text{máximo de caixas pela B - Fortaleza } X8 \leq 10 \text{ Número máximo}$$

$$\text{de caixas pela C1 - Fortaleza } X9 \leq 10 \text{ Número máximo de}$$

$$\text{caixas pela C2 - Fortaleza } X10 = 0 \text{ Número máximo de caixas}$$

$$\text{pela D - Fortaleza } X11 \leq 10 \text{ Número máximo de caixas pela A}$$

$$\text{- Curitiba } X12 \leq 10 \text{ Número máximo de caixas pela B -}$$

$$\text{Curitiba } X13 \leq 10 \text{ Número máximo de caixas pela C1 -}$$

$$\text{Curitiba } X14 \leq 10 \text{ Número máximo de caixas pela C2 -}$$

$$\text{Curitiba } X15 \leq 10 \text{ Número máximo de caixas pela D - Curitiba}$$

$$X16 \leq 10 \text{ Número máximo de caixas pela A - Espírito Santo } X17 \leq$$

$$10 \text{ Número máximo de caixas pela B - Espírito Santo } X18 \leq 10$$

$$\text{Número máximo de caixas pela C1 - Espírito Santo } X19 \leq 10$$

$$\text{Número máximo de caixas pela C2 - Espírito Santo } X20 \leq 10$$

$$\text{Número máximo de caixas pela D - Espírito Santo}$$

$$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 = \text{Número de caixas que se deseja enviar para São Paulo } X6 +$$

$$X7 + X8 + X9 + X10 = \text{Número de caixas que se deseja enviar para Fortaleza}$$

$$X11 + X12 + X13 + X14 + X15 = \text{Número de caixas que se deseja enviar para Curitiba}$$

$X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20}$ = Número de caixas que se deseja enviar para Espírito Santo x_i

$\geq 0, i = 1, 2, \dots, 20$

x_i = números inteiros, $i = 1, 2, \dots, 20$

4.3 RESOLUÇÃO DA MODELAGEM

A melhor configuração logística em relação aos mês de Maio, seria enviar 4 caixas para São Paulo pela transportadora D, 2 caixas para Curitiba pela empresa D, para Espírito Santo 6 caixas através da transportadora D e 8 caixas para fortaleza pela transportadora C através da forma de entrega 1, assim o custo total seria de R\$ 819,36.

No mês de junho, seria enviar pela transportadora D para São paulo 5 caixas, Curitiba 3 caixas, Espírito Santo 8 caixas e pela transportadora C através da forma 1 de entrega 10 caixas, assim o custo total do mês seria de R\$ 1059,20.

Refente ao mês de julho, seria enviar pela transportadora D para São paulo 4 caixas, Curitiba 3 caixas Espírito Santo 4 caixas e pela transportadora C através da forma 1 de entrega 6 caixas, assim o custo total do mês seria de R\$ 684,52.

Durante o mês de Agosto, seria enviar pela transportadora D para São paulo 3 caixas, Curitiba 2 caixas, Espírito Santo 4 caixas e pela transportadora C através da forma 1 de entrega 6 caixas, assim o custo total do mês seria de R\$ 614,52.

O custo total gerado para o transporte das mercadorias da empresa, por meio do modelo matemático para o período de maio a agosto de 2015, seria de R\$ 3.177,60.

Analisando os resultados, verificou-se uma possível minimização dos custos logísticos pela programação linear. Comparando a situação real com o resultado da modelagem, observa-se uma redução de R\$ 1.647,19.

5 CONCLUSÕES

A maior motivação do trabalho foi a possibilidade de utilização, análise de casos reais e a possibilidade de propor soluções para os problemas encontrados.

Por meio da programação linear, foi construído o modelo matemático e feita a comparação entre as informações sobre a situação atual da empresa e sobre os melhores cenários gerados pela modelagem matemática, observou-se que com o uso da Programação Linear, a empresa indicou uma redução de 34,15% dos seus custos logísticos, portanto, o objetivo proposto por este trabalho foi atingido.

A contribuição desta pesquisa no âmbito empresarial seja a evidência de que, a prática específica da Pesquisa Operacional, por meio da Programação Linear, é uma importante ferramenta gerencial para a escolha das melhores decisões. E no âmbito acadêmico, destaca-se a importância do caráter multidisciplinar e científico do estudo.

Como sugestão de pesquisas futuras, tem-se a aplicação de outras técnicas de pesquisa operacional, como a simulação para analisar o processo produtivo e verificar outras possibilidades de melhoria nos processos e redução de custos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão. 3.ed. -. Rio de Janeiro: Livros Tecnicos e científicos, 2004, 192 p.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. Pesquisa operacional. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, 523 p.

BALLOU, R. H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993, 388 p

BERTAGLIA, P. R. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. São Paulo: Saraiva, 2006, 509 p. BUENO, F. Otimização gerencial com Excel. Florianópolis, RJ: Visual Books, 2007. 136 p.

COLIN, E. C. Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas. Rio de Janeiro: LTC, 2007, 501 p.

CRESWELL, J. W. Research design: qualitative & quantitative approaches. London: Sage, 1994. 248 p.

FLEURY, P. F.; WNAKE, P., FIGUEIREDO, K. F. Logística empresarial: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2006, 372 p.

LACHTERMACHER, G. Pesquisa operacional na tomada de decisões. 3. ed. Rio de Janeiro (RJ): Elsevier, c2007, 213 p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração análise e interpretação de dados. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2006, 289 p.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. Administração de materiais e recursos patrimoniais. 2. ed. --. São Paulo (SP): Saraiva, 2006, 441 p.

MOREIRA, D. A. Pesquisa operacional: curso introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2007, 356 p. PAULO, E.; PEDROSA JUNIOR, C.; FONTOURA, J. R. A.; GONÇALVES, M. A. M. S. Aplicação da

programação linear na redução de custos de produção: enfoque sobre o planejamento de produção e do quadro

funcional. In: Congresso Internacional de Custos, 2003. Punta Del Este. VIII Congresso Internacional de Custos, 2003, v. 1.

PIZZOLATO, N. D.; GANDOLPHO, A. A. Técnicas de Otimização. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 225 p. SLACK, Nigel et al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2009.

SEGRETI, J. B. ; FARBER, J. C. ; MONDINI, L. C. A importância da gestão estratégica de custos logísticos. In: XXXIX CLADEA - Asamblea Anual del Consejo Latinoamericano de Escuelas de Administración. Anais eletrônicos... Itapema/SC: CLADEA, 2004.

YIN, R. K. Case study research: design and methods. Newbury Park, California: Sage Publications, 1990. 166p