

<http://dx.doi.org/10.21714/2237-3713rta2017v6n1p3>

Melhoria na roteirização e arranjo de cargas nos veículos de uma empresa de reciclagem de tambores situada em Itupeva/São Paulo – com a aplicação do sistema computacional Lindo*

Improvement in the routing and arrangement of loads in the vehicles of a drum recycling company located in Itupeva/São Paulo - with the application of the computational system Lindo

Marili Siqueira da Silva

Universidade Estadual Campinas – UNICAMP
marili.siqueira@uol.com.br

Luis Antonio Camargo Quartaroli

Universidade Estadual Campinas – UNICAMP
luisquartaroli@uol.com.br

Juliana Ferreira de Vales

Universidade Estadual Campinas – UNICAMP
julianadevalles@gmail.com

Mauro Santo Bernardo

Universidade Estadual Campinas – UNICAMP
bernardo.mauro@gmail.com

Resumo:

O presente artigo consiste em um estudo de caso aplicado em uma empresa de pequeno porte do ramo de tambores, localizada em Itupeva interior do Estado de São Paulo. O objetivo do estudo foi utilizar o problema do caixeiro viajante a fim de solucionar um problema de roteirização, visando definir a menor rota, além de sugerir uma opção de arranjo de cargas dos caminhões, para que o mesmo possa levar uma quantidade superior. Por meio de um programa computacional denominado “LINDO”, foi possível definir a menor rota, e pesquisas em empresas de caminhões, onde possibilitou a definição de um novo modelo de caminho rebaixado, permitindo assim a redução de custos da empresa estudada.

Palavras chaves: Tambores, Caixeiro Viajante, Lindo, Arranjo e Roteirização.

* ** Recebido 13 abril 2017; recebido revisado 26 abril 2017; aceito em 2 maio 2017; publicado online 10 maio 2017

Abstract

The present article is a case study applied to a small company in the field of drums, located in Itupeva interior of the State of São Paulo. The objective of the study was to use the problem of the traveling salesman in order to solve a problem of routing, in order to define the smallest route, besides suggesting an option of arrangement of loads of the trucks, so that it can take a higher amount. Through a computer program called "LINDO", it was possible to define the smallest route, and researches in companies of trucks, where it enabled the definition of a new model of lowered truck, thus allowing the reduction of costs of the studied company.

Key words: Drums, Traveling Salesman, Lindo, Arrangement and Routing

INTRODUÇÃO

A empresa de reciclagem de tambores tem diversos problemas logísticos, mais especificamente o de transportes de produtos para os seus clientes, desta forma melhorar a roteirização e o arranjo das cargas nos veículos é o objetivo principal do trabalho. A pergunta que se deve responder é: Como melhorar a roteirização e o arranjo das cargas nos veículos?

Nos problemas de roteirização a otimização combinatória se caracteriza pela presença de uma função objetivo (de maximização ou minimização) a ser otimizada com um conjunto de restrições, a roteirização recebe o nome de PCV –PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE (Novaes,1989), isso acontece porque o primeiro autor que explicou essa metodologia aplicou em um caso onde um caixeiro-viajante deve visitar um determinado número de cidades localizada numa região, devendo achar a sequência que minimize o percurso total.

Neste contexto, o problema encontrado na empresa de reciclagem de tambores que está localizada em Itupeva, São Paulo. Dos dezesseis principais clientes que representam 80% das vendas, dez deles localizam-se num raio de até 90 km e apenas um deles se localiza a 510 km.

1. PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE- PCV

O Problema do Caixeiro Viajante (PCV) é um exemplo clássico de problema de otimização combinatória. Dado um conjunto de n cidades e a distância (ou custo da viagem) entre elas; de modo que o problema consiste em determinar uma rota que percorra cada uma das n cidades uma única vez e retorne à cidade de origem, de tal forma que a distância total percorrida seja mínima (SILVA e OLIVEIRA, 2006).

Tabela 1.1: Cidades Percorridas

ORIGEM / DESTINO	ITUPEVA	ITU	BOITUVA	CERQUILHO	ARAÇATUBA
		AN	AH	F2	F3
ITUPEVA	0	54,3	103	109	494
ITU - AN	54,3	0	47,3	59,9	458
BOITUVA - AH	103	47,3	0	17,7	402
CERQUILHO = F2	109	59,9	17,7	0	403
ARAÇATUBA - F3	494	458	402	403	0

Fonte: Desenvolvido pelos autores

1.1 UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE LINDO

O *software* LINDO (Linear, INteractive, and Discrete Optimizer) é uma conveniente, mas poderosa ferramenta para resolver Problemas de Programação linear, inteira e quadrática (JÚNIOR e SOUZA, 2004).

2. METODOLOGIA

O trabalho foi elaborado através de uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa qualitativa e pesquisa de campo, a empresa em questão não utiliza procedimentos formais de suas atividades. Foi necessário buscar informações em artigos, monografias e livros. Também foram analisados os processos de entrega e coleta de tambores com a sua roteirização atual, e sugerido uma nova roteirização. O software utilizado nessa pesquisa foi o LINDO e o método aplicado para o problema foi o PCV - PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE.

Os dados coletados foram na própria empresa, por meio da pesquisa em campo, com a utilização de um questionário, ao qual foi respondido pelo gestor e pelos colaboradores envolvidos no processo logístico. O questionário era composto por perguntas acerca dos processos logísticos e roteirização da empresa para a entrega e coleta de tambores. As respostas obtidas permitiram realizar uma análise mais detalhada de como funciona o processo e identificar possíveis desvios, que de certa forma, podem ocorrer e consequentemente prejudicar o desempenho operacional logístico da empresa, mais precisamente os processos que envolvem as entregas e coletas.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa de tambores está localizada em Itupeva, interior do Estado de São Paulo, e realiza coletas ou aquisição de tambores para o reprocesso, ou seja, reciclagem de tambores. Atualmente a empresa trabalha com dois tipos de tambores de metal de 200 litros e 100 litros, sendo que o objeto de estudo é o tambor de 200 litros que possui 15 kg, e dimensões de 86 cm x 59 cm. Esta organização trabalha com 16 clientes, distribuídos entre algumas regiões de São Paulo e grande São Paulo.

Todo processo se inicia no recebimento dos tambores, que é feito na própria empresa, onde são alocados quatro funcionários para essa etapa, os recebimentos não são previsíveis ou

programados de forma antecipada e podem ou não ocorrer diariamente no máximo até quatro vezes por dia, pois a restrição é a jornada de trabalho diária. O tempo estimado para a descarga varia de acordo com o tipo de veículo que são utilizados e a sua capacidade em média é gasto 1h40m por veículo, a empresa possui 6 caminhões tipo truck com capacidade de 319 tambores de 200 litros e 1 caminhão tipo toco com capacidade de 287 tambores de 200 litros, no total de 7 caminhões próprios. A operação de descarga é totalmente manual, nenhum equipamento de movimentação é utilizado, portanto, não geram gastos com combustível e a operação ocorre no pátio descoberto somente durante o dia, assim, sem nenhum gasto com iluminação.

As embalagens (tambores) são armazenadas de acordo com a chegada por tipo, cliente e restrição de uso. Tudo isso ocorre em um pátio aberto, sem estrutura específica de armazenamento, e expostas a intempéries. Durante o fluxo do processo existem estoques intermediários restringidos pelo layout ou capacidade de reprocesso. O processo produtivo da empresa não possui um procedimento formal escrito e controlado, o setor de administração recebe as solicitações de entregas dos clientes por telefone ou e-mail, onde são informadas as quantidades solicitadas e as datas de entregas. Com base no profundo conhecimento de mercado e dos clientes, a administração em conjunto com a área produtiva determina as quantidades que serão reprocessadas de acordo com o pedido dos clientes, considerando a capacidade de reprocessamento e disponibilidade de veículos.

Na coleta (são tambores que já foram utilizados e a empresa solicita retirada no local) a administração recebe as solicitações de coletas via telefone ou e-mail, que informam a quantidade de produtos a ser retirada e local. Também muitas vezes por experiência, a própria empresa realiza contato com os clientes quando percebe que não realizaram coletas um determinado tempo, ou tentam entrar em contato quando programam entregas próximas a esses clientes. Porém, não existe uma relação direta e formalizada em procedimentos, para a programação de entrega X programação de coletas e vice-versa, sendo, portanto, atualmente um processo de entrega e coleta aleatório. As roteirizações de entregas e coletas são realizadas um dia antes com base nas quantidades reprocessadas disponíveis por cliente. A empresa não possui nenhum software para esta atividade, mas trabalha com alguns roteiros estabelecidos, desta forma o processo fica fragilizado e exposto a erro, que pode afetar diretamente o nível de serviço, a produtividade, e, conseqüentemente a rentabilidade da operação. O último setor é a expedição de materiais, os veículos são carregados no final do processo, o espaço utilizado nessa etapa também é o espaço destinado aos produtos reprocessados e para customização das embalagens conforme orientação dos clientes, nesse processo também são alocados quatro funcionários.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A empresa em questão possui variados problemas como visto na caracterização da empresa, porém o presente trabalho irá relatar a melhoria na entrega de tambores reciclados melhorando a roteirização e o arranjo das cargas nos veículos.

Tabela 2.1: Distância entre as cidades

	ITUPEVA -IT	ARAÇATUBA-F3	CERQUILHO -F2	BOITUVA-AH	ITU- AN
ITUPEVA -IT	0	510	110	108	47
ARAÇATUBA-F3	490	0	407	406	460
CERQUILHO -F2	110	405	0	18	60
BOITUVA-AH	110	404	18	0	48
ITU- AN	48	460	61	47	0

Fonte: Desenvolvido pelos autores

Na sequência foram inseridas as formulas necessárias para se chegar na melhor rota de minimização do percurso, por ser este o objetivo do trabalho.

Quadro 2.1: Dados a serem inseridos no Lindo

MIN Z

510XITF3+110XITF2+108XITAH+47XITAN+490XF3IT+407XF3F2+407XF3F2+406XF3AH+460XF3AN+110XF2IT+405XF2F3+18XF2AH+60XF2AN+110XAHIT+404XAHF3+18XAHF2+48XAHAN+48XANIT+460XANF3+61XANF2+47XANAH

S.T.

XITF3+XITF2+XITAH+XITAN=1
 XF3IT+XF3F2+XF3AH+XF3AN=1
 XF2IT+XF2F3+XF2AH+XF2AN=1
 XAHIT+XAHF3+XAHF2+XAHAN=1
 XANIT+XANF3+XANF2+XANAH=1
 XF3IT+XF2IT+XAHIT+XANIT=1
 XITF3+XF2F3+XAHF3+XANF3=1
 XITF2+XF3F2+XAHF2+XANF2=1
 XITAH+XF3AH+XF2AH+XANAH=1
 XITAN+XF3AN+XF2AN+XAHAN=1
 XITF3+XF3IT <=1
 XITF2+XAHIT <=1
 XITAN+XANIT <=1
 XF3F2+XF2F3 <=1
 XF3AH+XAHF3 <=1
 XF3AN+XANF3 <=1
 XF2AH+XAHF2 <=1
 XF2AN+XANF2 <=1
 XAHAN+XANAH <=1
 END

Fonte: Desenvolvido pelos autores

2.4 RESULTADO OBTIDO COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE LINDO

Figura 2.2: Aplicação do LINDO

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	0.000000	1.000000
XITF3	0.000000	15.000000
XITF2	0.000000	0.000000
XITAH	0.000000	0.000000
XITAN	1.000000	0.000000
XF3IT	1.000000	0.000000
XF3F2	0.000000	414.000000
XF3AH	0.000000	8.000000
XF3AN	0.000000	32.000000
XF2IT	0.000000	0.000000
XF2F3	1.000000	0.000000
XF2AH	0.000000	0.000000
XF2AN	0.000000	12.000000
XAHIT	0.000000	2.000000
XAHF3	0.000000	1.000000
XAHF2	1.000000	0.000000
XAHAN	0.000000	2.000000
XANIT	0.000000	0.000000
XANF3	0.000000	26.000000
XANF2	0.000000	12.000000
XANAH	1.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	290.000000
3)	0.000000	0.000000

Fonte: Desenvolvido pelos autores

Resultado utilizando o software LINDO:

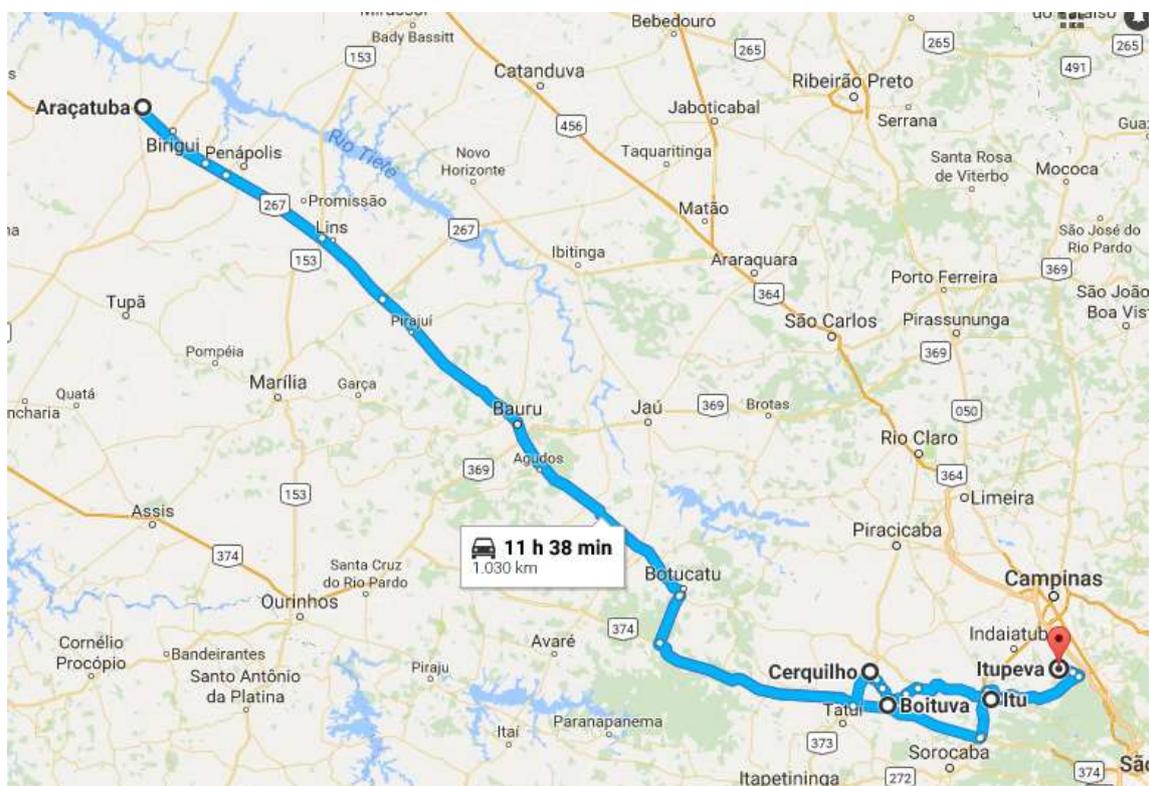
Desta forma, ao interpretar os dados do software LINDO, percebe-se que a melhor rota é aquela que o software atribui o valor 1 e 0 a variável conforme quadro acima. Com isso, a menor rota, definida pelo LINDO, é a seguinte: Saindo de Itupeva, Araçatuba, Cerquilha, Boituva, Itu e retornando para Itupeva. A Figura 2 permite a visualização do mapa com a menor rota.

Tabela 2.2: Distância com a melhor rota

	ITUPEVA -IT	ARAÇATUBA-F3	CERQUILHO -F2	BOITUVA-AH	ITU- AN
ITUPEVA -IT	0	510	110	108	47
ARAÇATUBA-F3	490	0	407	406	460
CERQUILHO -F2	110	405	0	18	60
BOITUVA-AH	110	404	18	0	48
ITU- AN	48	460	61	47	0

Fonte: Desenvolvido pelos autores

Figura 2.3: Mapa da melhor rota



Fonte: google maps

2.5 ATENDIMENTO DE DEMANDA OTIMIZAÇÃO DE VEICULOS

Dentre os modais de transportes, o rodoviário é o mais utilizado pelas empresas para o transporte de mercadorias, as quais incluem desde pequenas cargas, cargas perecíveis, perigosas até grandes equipamentos necessários ao suprimento de outras empresas ou de consumidores finais. E a empresa de tambores estudada não é diferente, ela atualmente possui 7 caminhões próprios sendo que são 6 trucks capacidade de carga de 14.000 kg e 1 toco capacidade de carga 16.000 kg.

A proposta foi realizar uma comparação da rota atual que a empresa realiza, com a rota encontrada pelo software LINDO, desta forma foi obtido os seguintes custos:

Rota atual utilizada pela empresa: **1126 km**

Rota proposta pelo sistema LINDO: **1030 km**

A Diferença entre rotas: **96 km** por semana

52 semanas por ano X **96 Km** por semana = **4992 km/ano** de redução

Considerando o consumo médio de **1 litro** de combustível por **8 km** rodados

Custo combustível = **R\$ 2,80 por litro** = **R\$ 0,35 por km**

Outros custos (Salário, lubrificantes, pneus, etc.) = **R\$ 1,42 por km**

Custo total por km rodado = **R\$ 1,76**

Tabela 2.3: Resumo das reduções das rotas

ROTA ATUAL KM	ROTA LINDO KM	DIFERENÇA KM
1126	1030	96
SEMANA/ANO	KM /SEMANA	REDUÇÃO/KM/ANO
52	96	4992
COMBUSTÍVEL/ LITRO	KM	PREÇO COMBUSTÍVEL
1	8	R\$ 2,80
OUTRO CUSTOS	CUSTO /LITRO	CUSTO KM/RODADO
R\$ 1,42	R\$ 0,35	R\$ 1,77
SAVING		
R\$ 8.835,84		

Fonte: Desenvolvido pelos autores

Resulta em um *Saving* de **R\$ 8.835,84 ano** que representa uma redução nos custos gerais de aproximadamente **10%** somente nesta rota proposta.

Com base nesta avaliação, considerando as demais rotas que foram otimizadas para a empresa, verifica-se que:

- 1) Redução significativa dos custos;
- 2) Melhoria do lead-time de atendimento ao Cliente;
- 3) Melhoria nas tomadas de decisões de roteirização e nas análises de Oferta e Demanda;
- 4) Aumento do desempenho operacional e dos resultados financeiros;
- 5) Melhor tomada de decisão na coleta de tambores, haja vista, que as retiradas são realizadas nos próprios clientes, possibilitando a otimização da retirada dos tambores nos clientes/fornecedores no retorno para a empresa.

3. ARRANJO DAS CARGAS

A empresa estudada já possui um sistema de arranjo de cargas próprias, o produto final da empresa são os tambores de 200 litros que possui 15 kg e dimensões de 85 cm x 59 cm. Na visita a empresa pode se observar que os veículos utilizados são 6 caminhões tipo truck que na contagem in loco (não foi realizado cálculos) obteve a capacidade de 319 tambores e 1 caminhão tipo toco que obteve a capacidade de 287 tambores. Para esses veículos utilizados pela empresa, não foi encontrada uma forma melhor de alocação da carga, desta forma a empresa já trabalha com a condição ótima.

Assim com base nas informações disponíveis e observação da operação durante as visitas realizadas in loco, foi possível identificar possíveis melhorias nas operações logísticas.

3.1 MELHORIAS SUGERIDAS

Foram sugeridas 4 formas diferentes:

- 1) Utilizar veículos rebaixados nas entregas e coletas. A capacidade de carga aumenta de 319 para 480 tambores, mais ou menos 50 %. Investimento necessário de R\$ 25.000,00 ou utilizar serviços de Terceiros (Agregados).

Figura 3.1: Sugestão de veículo



Fonte: Mercado Livre

Figura 3.2: Medidas do veículo



Fonte: Mercado Livre

- 2) Utilizar Semi Reboque nos clientes com quantidades e frequência altas. (Neste caso a opção seria por sempre manter um Semi Reboque estacionado no Cliente – isso significa ganhos com produtividade e redução de custos). Em logística se conhece como operação “bate e volta” com um veículo “no pé”.

O Semi Reboque é estacionado nas dependências do cliente com a carga completa de tambores reprocessados, enquanto os tambores entregues estão sendo utilizados, o cliente utiliza o espaço aberto no Semi Reboque para destinar os tambores que serão coletados para reprocesso. Em tempo, o cliente solicita a próxima entrega quando o veículo estiver com a carga completa com tambores destinados ao reprocesso, no ato da entrega os Semi Reboques são trocados, fica o Semi Reboque com a carga reprocessada e o Semi Reboque com a carga destinada ao reprocesso é retirado. Assim essa operação ocorrerá indefinidamente;

- 3) Utilizar a força da gravidade nas operações de descarga e armazenamento de tambores na empresa (Necessário alterar *layout* e incorre em custos, porém, otimiza a área destinada à armazenagem e o espaço para carregamento dos veículos, que hoje é compartilhado com a operação de descarga destes);
- 4) Avaliar substituição de ajudantes da empresa por terceiros locais (cidade destino) nas entregas. É comum o uso de Cooperativas de Serviços para operações de carga e descarga (Reduz custos e permite realocar o pessoal que até então viajava para atividades produtivas na empresa).

CONCLUSÃO

Após a análise da empresa de tambores situada em Itupeva interior do Estado de São Paulo, pode se perceber que a mesma já possui um mercado consolidado e é possível crescer. Realizando as pesquisas in loco pode se perceber diversos problemas logísticos porém foi analisado apenas a rota e os arranjos das cargas nos caminhões. Assim na análise da rota atual ficou claro que a empresa utilizava uma rota com a quilometragem superior, pois a mesma não possuía nenhum tipo de critério, ao utilizar o método do Problema do Caixeiro Viajante PCV que consiste em encontrar um roteiro ótimo, por meio de um programa computacional denominado “LINDO” foi possível definir a menor rota, onde se obteve uma redução de 96 km, em apenas uma rota permitindo assim uma redução de custos na empresa estudada.

Já nos arranjos de cargas dos caminhões a empresa trabalhava com 7 caminhões sendo 1 toco e 6 trucks, para essa frota própria, não foi sugerido nenhuma melhoria pois a empresa já realiza a cubagem adequada. Com isso foi realizada quatro sugestões de melhorias: alterar a frota para um veículo rebaixado com capacidade maior; deixar um semi-reboque no cliente; utilizar a força da gravidade nas operações de descarga e substituição dos ajudantes próprio para os de terceiro.

Assim, para o momento, a opção sugerida foi a de substituição da frota atual para uma frota específica para carregamento de tambores. Alterando somente essa frota o aumento na quantidade de tambores passaria de 319 unidades para 480 unidades, ou seja, mais ou menos 50 % de aumento de carga.

Portanto no término deste trabalho a melhor maneira de reduzir o custo logístico e aumentar a receita da empresa seria a utilizando de uma rota mais econômica além da troca atual da frota própria, com isso o objetivo do presente estudo foi alcançado.

Referências bibliográficas

BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física / Ronald H. Ballou; tradução Hugo T. y. Yoshizaki – 1 ed. – 27 reimpr. – São Paulo: Atlas, 2012.

Carreta Rebaixada 480 Tambores Vazio Marca Rodoviária 2 Eixos. Disponível em: http://veiculo.mercadolivre.com.br/MLB-805017955-carreta-rebaixada-480-tambores-vazio-marca-rodoviaria-2-eixo-_JM#redirectedFromParent

FLEURY, Paulo Fernando. WANKE Peter, FIGUEIREDO, Kebler Fossati. Logística Empresarial: a perspectiva brasileira / Paulo Fernando Fleury, Peter Wanke, Kleber Fossati Figueiredo – 1 ed. – São Paulo: Atlas, 2000.

GOMES J, Aloísio de Castro e SOUZA, Marcone Jamilson Freitas. Softwares de Otimização: Manual de Referência. Projeto patrocinado pelo programa PRÓ-ATIVA da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Minas Gerais – MG, 2004. Disponível

em:<<http://www.decom.ufop.br/prof/marcone/Disciplinas/OtimizacaoCombinatoria/ManualdeSoftwaresdeOtimizacao.pdf>>. Acesso em 01 de novembro de 2016.

KOTLER, Philip. Administração de Marketing: a edição do novo milênio /Philip Kotler; tradução Bazán- 5ª edição Tecnologia e Linguística; revisão técnica Arão Sapiro. São Paulo: Prentice Hall, 2000

MARTINS, Petrônio G.. Administração de Materiais e Logística. Petrônio Garcia Martins, Paulo Renato Campos Alt., Edição Especial, São Paulo: Editora Saraiva; 2009.

NOVAES, Antonio Galvão. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

SILVA, Anderson Freitas e OLIVEIRA, Antônio Costa de. Algoritmos genéticos: alguns experimentos com os operadores de cruzamento (“Crossover”) para o problema do caixeiro viajante assimétrico. XXVI ENEGEP – Fortaleza – CE, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr460314_7093.pdf>. Acesso em 01 de novembro de 2016.