



NETLOG 2021

International Conference on Network
Enterprises & Logistics Management

LabLog: Aplicação do Método da Varredura e das Economias para Definir a Roteirização de Entregas Ótima

Da Silva, G.C*, Georges, M.R.R., Paganelli, M.E.V.

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Gustavo.cs4@puccampinas.edu.br*, marcos.georges@puc.campinas.edu.br

Abstract

Companies, whether manufacturing or service, increasingly need to efficiently manage their operations and resources in order to efficiently serve all orders and customers. With this in mind, it is a challenge for organizations to manage these operations, and there is a need to apply methodologies to optimally define the transport modal, fleet size, routing, related costs, etc. The purpose of these studies is to approach these methodologies through the application of a teaching case in the serious game LabLog, created by Grupo Engenho in the case of a carrier called MGM whose product is solid in wire format.

Keywords. *LabLog, Fleet sizing, Choice of transport modes, Transport routing, Freight calculation*

Resúmen

Las empresas, ya sean de fabricación o de servicios, necesitan cada vez más administrar de manera eficiente sus operaciones y recursos para poder atender de manera eficiente todos los pedidos y clientes. Teniendo esto en cuenta, es un desafío para las organizaciones gestionar estas operaciones, y existe la necesidad de aplicar metodologías para definir de manera óptima el modo de transporte, tamaño de flota, enrutamiento, costos relacionados, etc. El propósito de estos estudios es abordar estas metodologías mediante la aplicación de un caso didáctico en el juego serio LabLog, creado por Grupo Engenho en el caso de un transportista denominado MGM cuyo producto es sólido en formato alambre.

Keywords. *LabLog, Dimensionamiento de flota, Elección de modos de transporte, Rutas de transporte, Cálculo de fletes*

Resumo

As empresas, sejam manufatureiras ou de serviços, precisam, cada vez mais, gerir de forma eficiente suas operações e seus recursos para, de forma eficiente, atender todos os pedidos e clientes. Pensando nisso, é um desafio para as organizações o gerenciamento dessas operações, e surge como necessidade a aplicação de metodologias para definir de maneira otimizada o modal de transporte, tamanho de frota, roteirização, custos relacionados etc. O objetivo desses estudos é abordar essas metodologias através da aplicação de um caso de ensino no *serious game* LabLog, criado pelo Grupo Engenho no caso de uma transportadora chamada MGM cujo produto é sólido no formato de aramado.

Keywords. *LabLog, Dimensionamento de frota, Escolha de modais de transporte, Roteirização de transportes, Cálculo do frete*

1 Introdução

É de extrema importância o estudo do transporte, seja ele focado em qualquer modal disponível do momento porque países, estados e cidades dependem dele para que insumos cheguem às indústrias e que os produtos cheguem até o consumidor. Além disso o comércio exterior é essencial tanto por seu impacto econômico nos países quanto por sua importância social.

A necessidade de buscar a combinação de modais, cálculo de custos operacionais e tempos de entrega são importantes principalmente para países de proporções continentais como é o Brasil. Dessa forma,

através desses estudos, um bom desempenho do sistema logístico pode reduzir tempos de entrega e finalmente podendo até reduzir os custos finais dos produtos.

Essa pesquisa foi voltada para um cenário de uma ilha fictícia de um laboratório chamado LabLog criado pelo Grupo Engenho e tem como objetivo demonstrar através dos métodos da varredura e da economia obter o modal mais adequado para determinada categoria de carga, calcular a quantidade ideal de veículos e finalmente roteirizar a rota ótima para redução de custos.

2 Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica do trabalho foi dividida em quatro partes: Gestão de Transportes, Dimensionamento de Frota, Custo de Transporte e Roteirização.

2.1 Gestão de transportes

Existem cinco principais modais de transporte: aéreo, rodoviário, ferroviário, dutoviário e aquaviário.

A escolha do tipo de transporte a ser utilizado precisa considerar os fatores: preço, tempo médio de viagem, variabilidade do tempo de trânsito e perdas e danos (Ballou, 2006).

As vantagens de ter uma frota própria, ao invés de um serviço terceirizado, são: entrega rápida e com confiabilidade, manuseio especializado da carga, disponibilidade do serviço a qualquer momento.

Um bom gerenciamento de transportes deve movimentar os produtos da origem até o destino, minimizando a utilização de recursos temporais, financeiros e ambientais. Precisa levar em conta também, a satisfação dos clientes, que é percebida na pontualidade e qualidade de entrega, além do preço.

2.2. Dimensionamento de Frota

O dimensionamento de frotas consiste na escolha da quantidade e tipos de veículos necessária para atender uma demanda com melhor custo-benefício, seja ela conhecida ou desconhecida.

2.3. Custo de Transporte

O transporte é um elemento essencial nos custos logísticos de uma empresa. Seus custos podem chegar a dois terços dos custos de logística totais (Ballou, 2006).

Quando o sistema de transportes é desenvolvido ao redor do ponto de produção, isso limita a extensão do mercado e faz com que a concorrência seja alta. Nesse caso, o diferencial seria baixos custos na produção. Para que isso não seja a única opção, é necessário um bom desenvolvimento e gestão de transportes.

O custo do serviço de transporte considera fatores como combustível, manutenção e depreciação que variam de acordo com o tipo de transporte escolhido. Os custos de transporte aéreo são os mais caros, enquanto o trem e navio tem os custos mais baratos, porém, são os que mais demoram na entrega. O rodoviário é o que tem maior abrangência em acesso a localidades.

2.4. Roteirização

O método da varredura é um dos mais simples para a roteirização de veículos, que pode se resolver facilmente através de métodos computacionais, ou simplesmente a mão, já que não possui cálculos complexos. Ele é indicado para situações em que veículos possuem capacidade ou tamanho semelhantes e em casos que as restrições temporais não são consideradas (Ballou, 2006).

A aplicação se divide em duas etapas: a atribuição dos pontos no roteiro e a sequenciação do roteiro. Primeiramente, o depósito e os clientes são identificados no mapa ou em uma malha cartesiana. Em

seguida, traça-se uma reta partindo do centro de distribuição e gira-se a linha em sentido horário ou anti-horário, até encontrar o próximo ponto. Se o ponto atender as capacidades do veículo e as restrições do problema, começa-se o mesmo procedimento a partir deste cliente, mas, se o ponto não atender, continua-se rotacionando até encontrar a próxima. Essa simplicidade pode ser aplicada rapidamente e auxilia muito em projetos simples, sendo essa a principal vantagem do método (Ballou, 2006).

Além do método das varreduras existe também o método das economias. O método das economias surgiu em 1964, proposto por Clarke e Wright, com o objetivo de otimizar a roteirização de uma frota de veículos com número livre. O método possui flexibilidade para resolver restrições e é muito eficiente quando aliado à um programa que possui rapidez computacional. Sua aplicação, no entanto, pode ser considerada complexa quando comparada com métodos simples como o de varredura, já que este necessita de alguns conhecimentos matemáticos, restringindo sua utilização em algumas empresas (Ballou, 2006).

A metodologia melhora o desempenho global através da troca de conjunto de rotas em cada ponto de chegada, mostrando-se muito útil para frotas homogêneas. Entretanto, o método das economias não permite que os dados referentes a frotas heterogêneas sejam considerados, já que os custos fixos e diretos que se associam à variabilidade dos veículos e das distâncias percorridas não são levados em conta. (Teixeira & Cunha, 2002).

A aplicação do método é baseada no ganho das rotas em duas situações diferentes de entrega: uma em que o veículo visita cada cliente de cada vez, retornando para o centro de distribuição após a visita, o que caracteriza o pior cenário possível e a segunda situação é quando o veículo visita um par de clientes e depois retorna ao centro de distribuição.

A utilização do método passa-se por cinco etapas: combinação dois a dois dos pontos, cálculo dos ganhos dos pares, ordenação dos ganhos em ordem decrescente, análise dos pontos e introduzir os arcos de roteirização.

3 Métodos

3.1. Método da Varredura

Através do método da varredura, foi selecionado o ponto do CD, e partiu-se de uma linha no sentido anti-horário para encontrar os próximos pontos. Os pontos foram seguidamente demarcados e foram desenhados em um gráfico para melhor visualização.

3.2. Método das economias

Através do método das economias foi encontrada a rota do veículo de entrega que traz a maior economia em distância para atender todos os clientes. Para tanto, as etapas do método foram realizadas passo a passo. O primeiro passo foi construir um gráfico de dispersão a partir das coordenadas dos clientes e do centro distribuição, como mostrado na tabela e gráfico abaixo:

Ponto	Local	X	Y
CD	Centro de Distr.	27,4	29,4
A	Alexand	19	39
B	Zircônia	30	55
C	Turmalina	31	23
D	Esmeralda	8	17
E	Ametista	47	24
F	Turquesa	27	8,5

Tabela 1 – Dados das coordenadas de localização dos clientes e Centro de Distribuição.

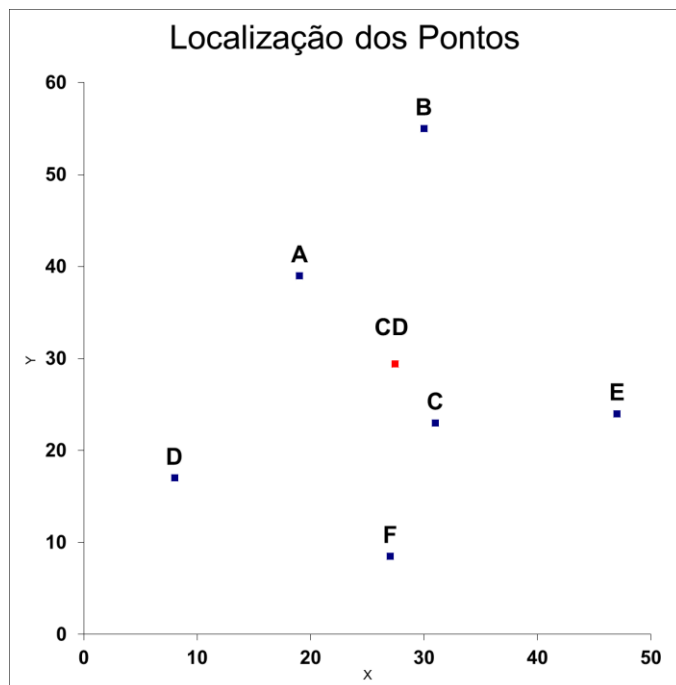


Figura 1 – Gráfico de Dispersão com a localização dos clientes e do Centro de Distribuição.

A próxima etapa consiste em encontrar as distâncias do CD para cada cliente, e entre os clientes em si. Foi calculado as distâncias a partir do gráfico, utilizando o Teorema de Pitágoras para determinar as distâncias nas diagonais entre os pontos, como mostra a figura abaixo:

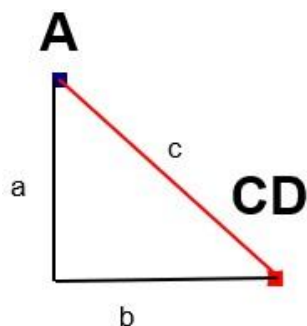


Figura 2 – Triângulo representando o Teorema de Pitágoras.

Através dos dados das coordenadas e o Teorema de Pitágoras, tem-se que:

$$c^2 = a^2 + b^2 \text{ (I)}$$

O a e b é conhecido, já que a figura se encontra em um plano cartesiano e o c será a hipotenusa do triângulo, valor a ser calculado para descobrir a distância. O mesmo procedimento foi feito entre todos os pontos, e os dados foram reunidos em uma tabela.

Além do Teorema de Pitágoras também foi utilizada a fórmula da distância entre pontos.

$$d_{AB} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \text{ (II)}$$

Na próxima etapa, foi calculado a economia em distância que cada ponto oferece. O cálculo é feito a partir de:

$$E = d(x, CD) + d(y, CD) - d(x, y) \text{ (III)}$$

Ou seja, a economia entre o ponto x e y é a diferença entre a soma das distâncias do ponto x para o CD mais a distância do ponto y para o CD e a distância entre o ponto x e y. Esse cálculo trará um valor que

representará a economia ao escolher ir de um ponto ao outro durante a rota de entrega. A equação II foi aplicada para todas as cidades dos clientes (A a F) e inserida em uma tabela.

Finalmente, para definir qual será a rota, os valores da tabela das economias devem ser organizados em ordem decrescente, e as rotas que trazem maior valor de economia devem ser aplicadas. A rota otimizada foi desenhada no gráfico junto com suas distâncias economizadas.

4 Resultados

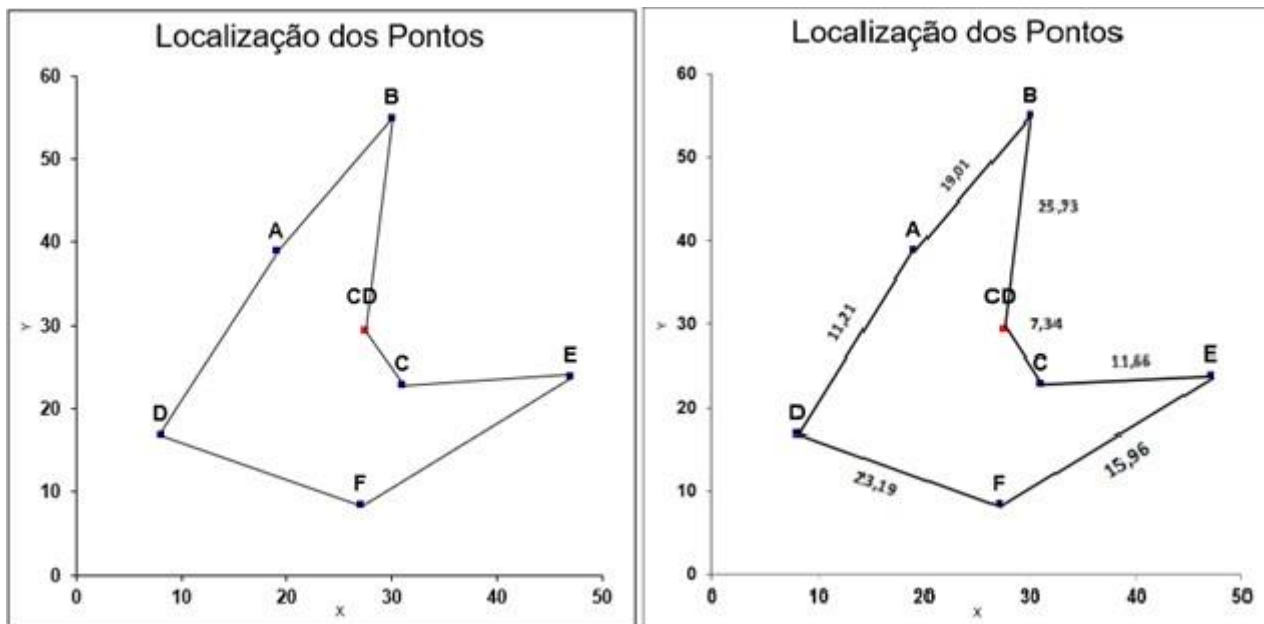


Figura 3 - Fórmula da distância entre pontos.

A figura da esquerda é referente ao método da varredura e foi obtido utilizando o método da varredura e a figura da direita é o resultado do método quantitativo da varredura.

Através do método da varredura foi obtido que a distância total do percurso é de aproximadamente 114,10 unidades. Tendo em mente a conversão dada pelo mapa tem-se que a distância percorrida em quilômetros é de aproximadamente 1901 km.

4.3. Dimensionamento de frotas:

Veículo	Capacidade (peso)	Comprimento	Largura	altura	Consumo combustível	autonomia	velocidade média rodovia	Tempo para carga ou descarga	Velocidade média urbana	Custo por km
Moto	40 kg	0,40 m	0,6 m	0,7 m	40 km/l	560 km	70 km/h	2 min	40 km/h	R\$ 1,00
Furgão	2 ton	4,22 m	1,85 m	1,85 m	5 km/l	400 km	70 km/h	20 min	30 km/h	R\$ 2,10
Toco	6 ton	7,00 m	2,40 m	3,00 m	4 km/l	600 km	67 km/h	30 min	27 km/h	R\$ 2,27
Truck	12 ton	8,50 m	2,45 m	3,00 m	3,5 km/l	735 km	63 km/h	40 min	25 km/h	R\$ 2,77
Semi reboque	25 ton	15,30 m	2,50 m	2,85 m	3 km/l	1200 km	55 km/h	50 min	20 km/h	R\$ 3,90
Duplo reboque	38 ton	19,80 m	2,50 m	2,85 m	2,3 km/l	1150 km	52 km/h	60 min	20 km/h	R\$ 4,97

Tabela 2 – Dados sobre os possíveis tipos de veículos a serem utilizados.

Embalagem	Detalhe	Largura	Comprimento	Altura	peso	Validade	Custo do produto (palete)
Aramado	Solidos	1,00 m	1,20 m	1,00 m	0,4 ton	N.A.	R\$ 800,00

Tabela 3 – Dados sobre o produto.

O tipo de veículo escolhido foi de transporte rodoviário, porque o CD se encontra na cidade fictícia de Amazonita em que supomos que só havia acesso rodoviário.

Alguns veículos como a moto, o furgão e o toco por terem espaço insuficiente para que a carga fosse transportada da forma ideal. O duplo reboque foi descartado pelo alto custo por km, restando apenas o Truck e o Semi reboque

Sendo assim através da seguinte tabela, foi possível obter a capacidade em unidades de aramado:

Modais	Peso em toneladas	Comprimento em metros	Largura em metros	Altura em metros	Capacidade em unidades
Truck	30	7,1	2,45	3	28
Semi reboque	62,5	12,8	2,5	2,85	32
Aramado	0,4	1,2	1	1	

Tabela 4 – Capacidade de aramado

4.4. Custos de transporte

Através da ferramenta solver, foram calculados os custos de transporte para que a capacidade de atender a demanda tenha os menores custos possíveis.

Veículo	Quantidade	Custo por km	Custo extra por ton.km	Distância percorrida	Custo	Custo extra	Total
Truck	0	R\$ 2,77	R\$ 0,02	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Semi reboque	6	R\$ 3,90	R\$ 0,012	1901	R\$ 7.413,90	R\$ 1.751,96	R\$ 9.165,86
						Custo total	R\$ 9.165,86
						Capacidade em unidades	192

Tabela 5 – Quantidade e tipo de veículos para atender a demanda

Portanto a solução ótima que visa redução do “custo total” atendendo às restrições dadas é da compra de 6 Semi reboques.

5 Conclusão

Foi possível observar através do trabalho a efetividade de metodologias simples de roteirização que podem auxiliar tanto empresas grandes, quanto pequenas, dependendo do escopo definido. Ademais, foi possível conhecer diferentes tipos de modais, com foco no transporte rodoviário, abordando suas capacidades de tamanho e peso, custos de compra e depreciação e bem como custos da sua operação logística.

A gestão das operações logísticas tem papel crucial para um negócio entregar o seu bem ou serviço de forma eficaz e no momento exato, para que não haja consequências na entrega e condição dos produtos. A utilização de metodologias ativas, como o jogo sério LabLog, contribui para a visualização de situações logísticas, trazendo situações pré-determinadas que incitam o desenvolvimento e a busca pelo tema através de metodologias.

Referências

- KOTLER, P.; KELLER, K. L. Administração de Marketing. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- DECKER, S. R. F; TRISCH, V. Silva. Custos e finanças no transporte de cargas. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2004.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5 ed. São Paulo: Bookman, 2006.
- VALENTE, A. M. et al. Gerenciamento de Transportes e Frotas. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- TEIXEIRA, R; CUNHA, C. Heurísticas para o problema de dimensionamento e roteirização de uma frota heterogênea utilizando o algoritmo out-of-kilter. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.