

Faculdades IBMEC

Dissertação de
Mestrado Profissionalizante
em Administração

Roteirização de Transporte Terceirizado: Um estudo de caso da indústria de cimento

Cleuton Sampaio de Melo Jr

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Antônio Silveira Lopes

Conteúdo

- Introdução ao problema estudado
- Objetivo
- Justificativa e Relevância
- Revisão de Literatura
- Metodologia
- Aplicação
- Conclusões e Recomendações

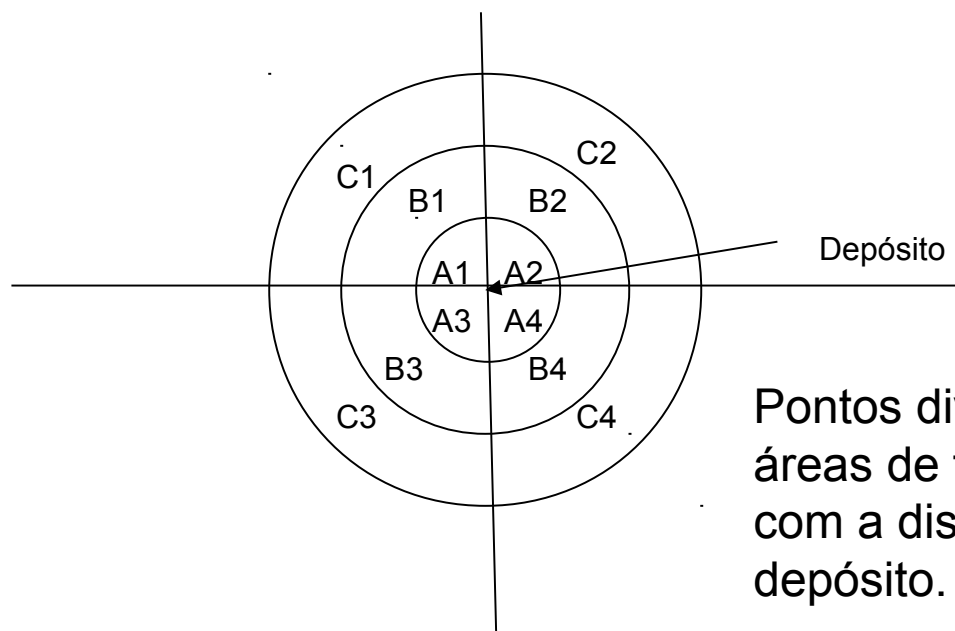
Introdução

- Aplicação de métodos tradicionais de roteirização para obter redução de custos de transporte
- Empresa em estudo: Lafarge, maior produtor mundial de cimento.

Rotina atual

- 3 depósitos
- Frota de terceiros
- Clientes FOB e CIF
- Cruzamento manual de cargas baseado em Áreas e Zonas de frete

Método de cruzamento atual



Pontos divididos em áreas de frete, de acordo com a distância do depósito.

Descrição do método atual

- A heurística empregada atualmente consiste em tentar formar cargas com mesma faixa de frete (A1, A2, A3, A4 etc). Se uma carga ficar incompleta, tenta-se complementá-la com entregas de faixa inferior, nunca superior

Melhorias desejáveis

- Automatizar a roteirização
- Proporcionar economia
- Proporcionar precisão

Objetivo geral

- demonstrar a aplicabilidade de métodos tradicionais de roteirização, obtendo aumento de eficiência e redução de custos de transporte com frotas terceirizadas.

Objetivos específicos

1. Identificação dos problemas comuns para casos de roteirização;
2. Demonstração da praticidade de implementação de sistemas logísticos em planilhas eletrônicas;
3. Busca de uma metodologia para roteirização de transporte terceirizado para casos semelhantes ao estudado.

Justificativas

- Mudanças no panorama econômico (incentivo para exportações)
- Custos de transporte (2/3 custos logísticos – Ballou)
- Soluções GIS complexas e de custo elevado
- Experiência em roteirização Clark & Wright utilizando Planilhas eletrônicas

Relevância

- Gastos com transporte: 10% PIB (Fleury)
- Custos logísticos = 19% do faturamento (Fleury)
- Margem = 8% (Fleury)
- Integração produtor-transportador; dividir e planejar a atividade.

Revisão da literatura

- Sistema logístico: composto pela implementação de estratégia de estoque, estratégia de localização e estratégia de transporte, com o objetivo de manter um nível adequado de serviço ao cliente
- Fonte principal: Ballou, 2001

Sobre roteirização

- Trabalhos do prof. Galvão Novaes
- Um modelo de roteirização para racionalização do atendimento das solicitações de serviço nas empresas de utility: o caso da companhia elétrica de Brasília. De Robertson Moreira de Sá (2001)
- ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS PARA O TRANSPORTE DE ALUNOS DA ZONA RURAL COM AUXÍLIO DE UM SIG. De Maria Fernanda Braga de Almeida e Suely da Penha Sanches

Roteirização

- Grafos: Judith L. Gersting
- Problemas de roteirização: Ballou, Goldbarg & Luna e Galvão Novaes

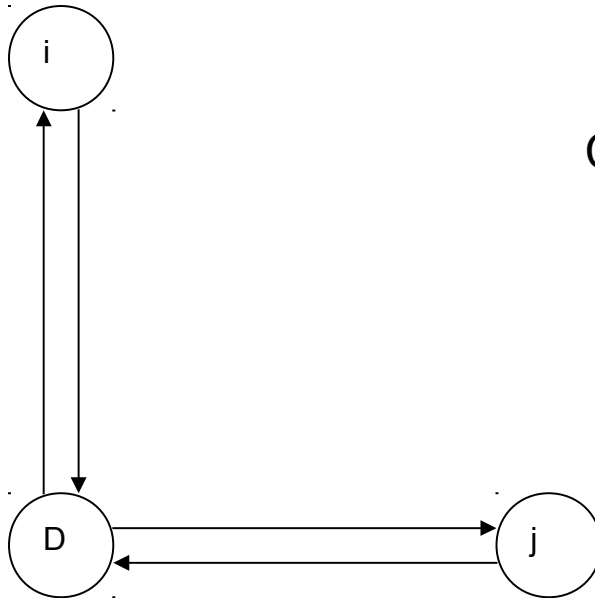
Métodos para roteirização

- Problema do Carteiro Chinês: visa cobrir com uma passagem todos os arcos de um grafo.
- Problema do Caixeiro Viajante: visa cobrir os nós de uma rede, buscando o trajeto de caminho mínimo.
- Roteirização com restrições múltiplas: visa cobrir os nós de uma rede com múltiplos veículos e restrições operacionais.

Heurística de Clark & Wright

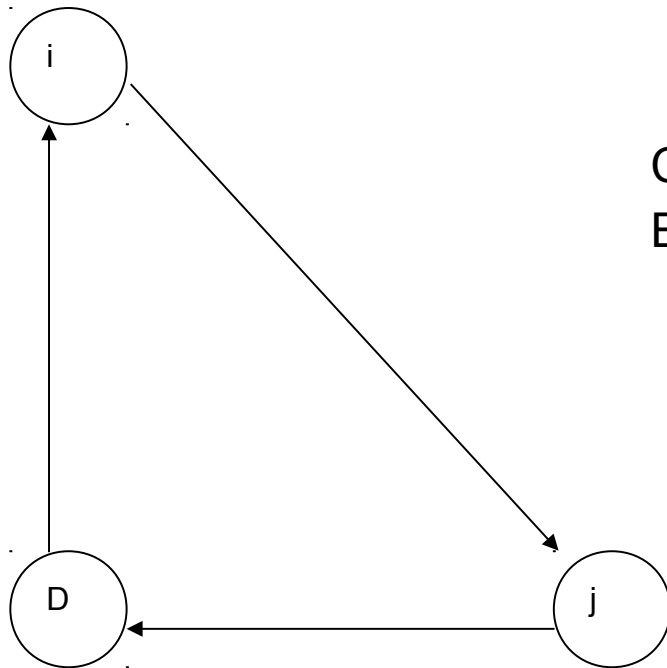
- Etapa 1: Calcula-se a distância utilizando um caminhão para cada ponto
- Etapa 2: Calcula-se o ganho de se juntar pares de pontos em um só roteiro
- Etapa 3: Ordena-se a Combinação dos pares em ordem decrescente de ganho e se processa a formação de rotas

Etapa 1



$$\text{Comprimento} = 2C_{di} + 2C_{dj}$$

Etapa 2



$$\text{Comprimento} = C_{Di} + C_{ij} + C_{jD}$$

$$\text{Economia} = C_{Di} + C_{jD} - C_{ij}$$

Etapa 3

- se não houver uma rota definida, iniciar uma rota com os dois nós da ligação;
- se houver uma rota definida, verificar se um dos nós desta ligação é adjacente ao extremo de uma rota já definida, neste caso, verificar se as restrições permitem que se adicione esta ligação à rota;
- se nenhuma rota puder ser expandida, então deve ser criada uma nova rota com a ligação.

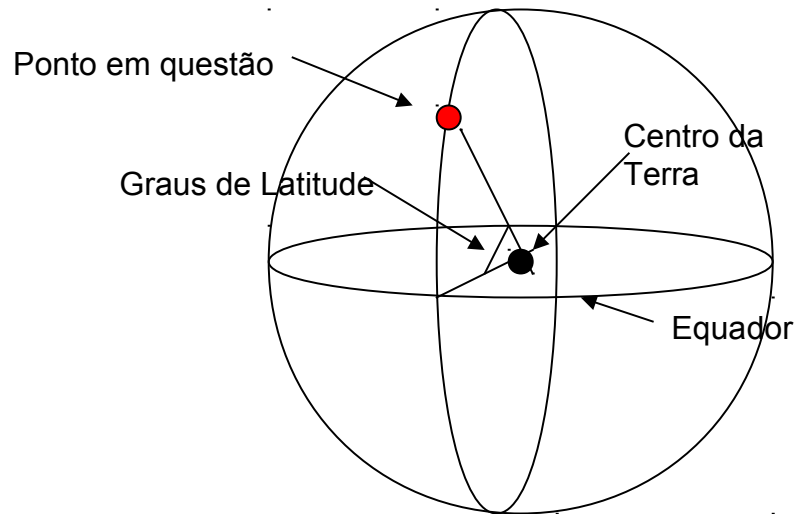
Distâncias

- Distância Euclidiana: linha reta entre dois pontos (assumindo um sistema de coordenadas em um plano).
- Distância Real: considera o trajeto.
- Fator de correção de distância: aproxima a distância Euclidiana da Real. Obtido por regressão linear.

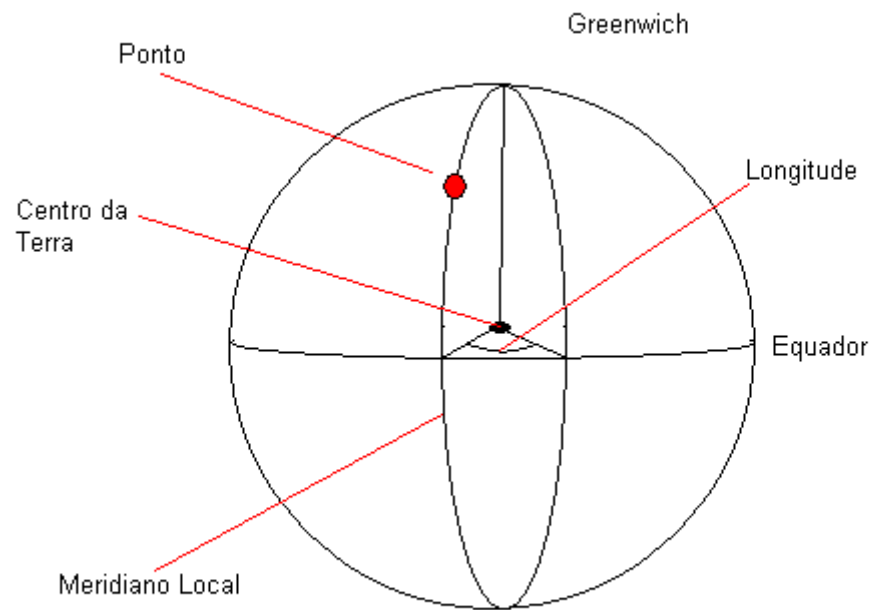
Coordenadas Geográficas

- Facilitam a exportação para um G.I.S.
- Latitude e Longitude
- Distância é um arco, não se aplicando mais pitágoras
- Referência: Robinson
- Esfera autálica terrestre: WGS 84 (World Geodetic System), esfera com raio de 6.371 km e circunferência de 40.030,20 km.

Latitude

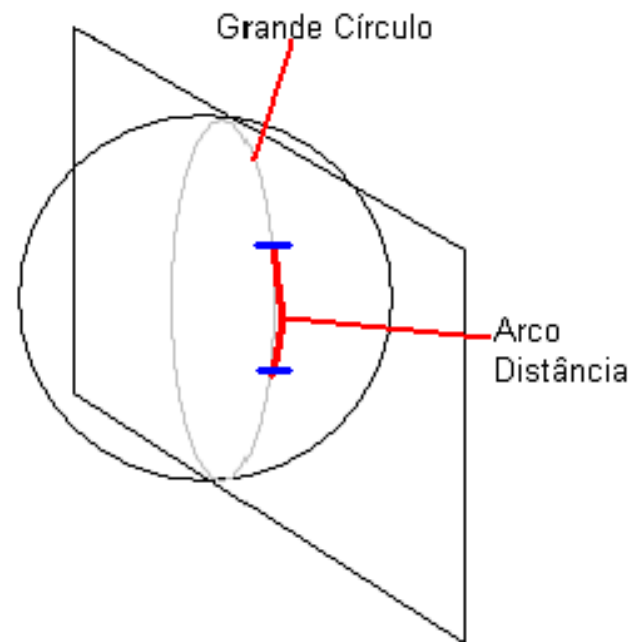


Longitude



Distância no Grande Círculo

- A Distância no espaço curvo tridimensional da Terra esférica é um arco localizado diretamente sobre a linha reta no plano



Cálculo da distância

- $\cos D = (\sin a \cdot \sin b) + (\cos a \cdot \cos b \cdot \cos |\delta\lambda|)$
- onde:
- D = Arco distância entre dois pontos
- “a” e “b” = latitudes dos pontos “A” e “B”
- $|\delta\lambda|$ = valor absoluto da diferença entre as longitudes de “A” e “B”
- De acordo com a esfera WGS 84, cada grau corresponde a 111,20 km,

Geographic Information Systems

- Trabalham com o mapa digitalizado de uma região, permitindo a utilização de procedimentos computadorizados para localização e roteirização de veículos
- A maior dificuldade na implantação de um sistema GIS é a obtenção de um banco de dados cartográficos, além de sua constante atualização (malha viária)

Metodologia

1. Levantamento das informações (incluindo lista de pedidos de Agosto/2002)
2. Geo-codificação dos pontos de entrega (Latitude e Longitude)
3. Implementação do algoritmo de Clark & Wright, modificado (lat/long) em VBA do Excel
4. Estimativa de um fator de correção de distâncias
5. Estimativa de velocidade média dos caminhões
6. Simulações e ajustes
7. Análise dos resultados

Fator de correção

- Lista de distâncias calculadas
- Medição real (Odômetro do caminhão, percurso de carro ou Maplink.uol.com.br)
- Montar regressão tendo a distância real como independente – obter fator de correção a ser aplicado na D.G.C.

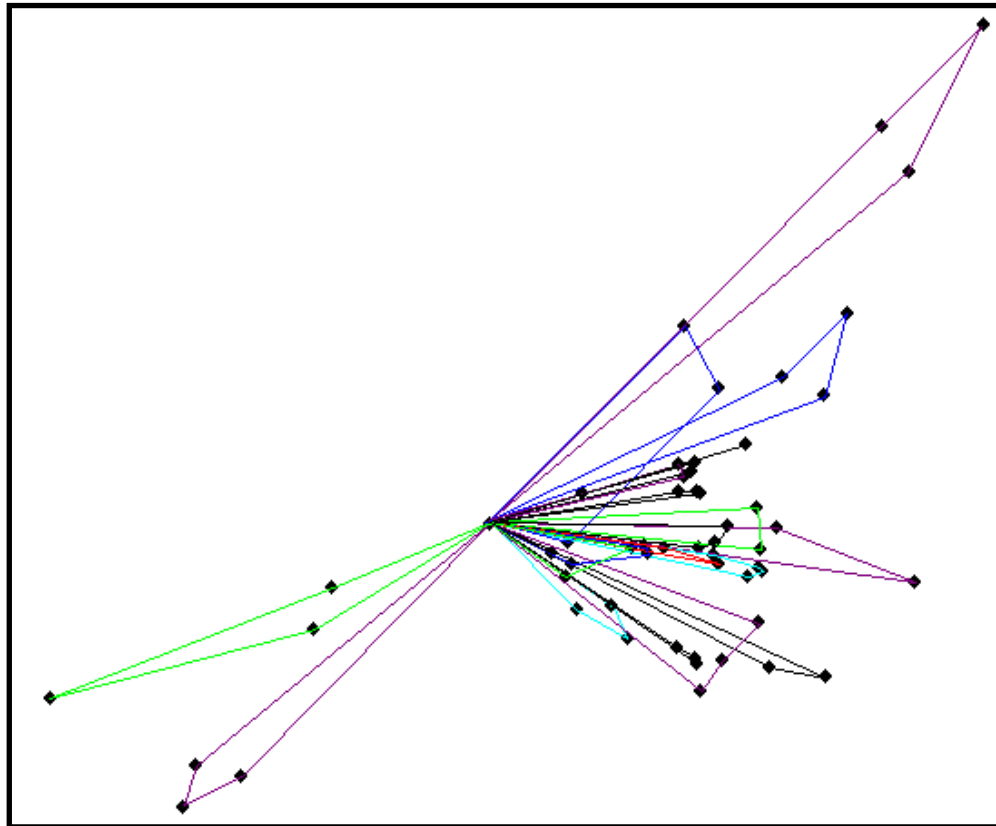
Aplicação

- Entregas do dia 01 de Agosto de 2001
- Geo-codificação de 70 pontos
- Depósito de Nova Iguaçu

Resultados

- Custo real do dia 01 de Agosto: R\$ 2.258,23
- Custo calculado na simulação do dia 01 de Agosto: R\$ 1.788,06
- 21 roteiros
- Economia aproximada de 21%

Rotas encontradas



Limitações

1. Entregas de um dia e um só depósito
2. Alguns pontos (15 de um total de 70) não foram localizados
3. Alguns endereços imprecisos
4. Não havia informações suficientes para calcular o fator de correção. Foram utilizadas algumas distâncias de controle
5. A velocidade média aplicada também deveria ser melhor apurada
6. Não foram consideradas restrições baseadas em obstáculos físicos na junção de pontos de entrega

Conclusões

- Redução de custos de transporte com frotas terceirizadas em cerca de **21%**
- Identificação dos problemas comuns para casos de roteirização
- Demonstração da praticidade de implementação de sistemas logísticos em planilhas eletrônicas
- Proposição de uma metodologia para roteirização de transporte terceirizado para casos semelhantes ao estudado

Recomendações

1. Melhorar a geo-codificação (uso de G.P.S)
2. Efetuar levantamentos precisos de distâncias percorridas e tempos, recalculando o Fator de Correção de Distância e a Velocidade média
3. Implementar a restrição de junções de pontos problemáticos
4. Estudo de consolidação de fretes
5. Desenvolver um sistema de controle para saber a localização estimada dos caminhões

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, Maria Fernanda B, SANCHES, Suely da Penha (2000) **Roteirização de veículos para o transporte de alunos da zona rural com auxílio de um SIG**. São Carlos. Projeto de pesquisa. UFSC PPG – Engenharia Civil.
- ALVARENGA, Antonio C., NOVAES, Antonio G (2000) **Logística aplicada – suprimento e distribuição física**. 3ª ED. São Paulo. Edgard Blücher.
- ÁVILA, Geraldo (1998) **Introdução ao cálculo**. Rio de Janeiro. LTC.
- BALLOU, Ronald H. (2001) **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 4ª ed. Trad. de Elias Pereira. Porto Alegre. Bookman.
- BOWERSOX, Donald J., Closs, David J. (2001) **Logística Empresarial – O processo de integração da cadeia de suprimento**. Trad. de Adalberto Ferreira das Neves. São Paulo. Atlas.
- CLARK, G, WRIGHT, J. W. (1964) **Scheduling of vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points**. Operations Research, v. 12, p 568-581.
- FLEURY, Paulo F., WANKE, Peter, FIGUEIREDO, Kleber F. *et al* (2000) **Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira**. São Paulo. Atlas.
- GERSTING, Judith L. (2001) **Fundamentos Matemáticos para a Ciência da Computação**. 4ª ed. Trad. de Valéria de Magalhães Iorio. Rio de Janeiro. LTC.
- GOLDBARG, Marco C., LUNA, Henrique P. (2000) **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Rio de Janeiro. Campus.
- KEENAN, Peter B. (1998) “Spatial Decision Support Systems for Vehicle Routing”. *In Elsevier*, **22**. p 65-71.
- NOVAES, Antonio G. (1989) **Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos**. São Paulo. Edgard Blücher.
- NOVAES, Antonio G. (2001) **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Rio de Janeiro. Campus.
- ROBINSON, Arthur H. *et al* (1995) **Elements of cartography**. 6ª Ed. Nova Iorque. Wiley.
- SÁ, Robertson M. (2001) **Um modelo de roteirização para racionalização do atendimento das solicitações de serviço nas empresas de utility: o caso da Companhia Energética de Brasília**. Brasília. Dissertação de Mestrado. UCB.
- TARANTILIS, C. D., KIRANOUDIS, C.T. (2001) “Using a spatial decision support system for solving the vehicle routing problem”. *In Elsevier, Information & Management*