

# OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA: APLICAÇÕES NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Chardsoncley José Correia da Silva Melo<sup>1</sup>; Maisa Mendonça Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Engenharia de Produção- CAA- UFPE; E-mail: charleseng.prod2011.1@gmail.com,

<sup>2</sup>Docente/pesquisador do Núcleo de Tecnologia- CAA – UFPE. E-mail: maisa.ufpe@yahoo.com.br

**Sumário:** Este trabalho teve por objetivo, apresentar um estudo para otimização de rotas em uma empresa de fretamento contínuo. Os dados foram coletados diretamente na empresa, a fim de encontrar informações acerca do atual plano de roteirização, definição de rotas, horários pré-estabelecidos de chegada, número de veículos disponível para o serviço e endereços exigidos como paradas obrigatórias. Os Aplicativos *Google Maps*, *ArcGIS* e *LogWare* foram utilizados nesta proposta, conjuntamente com o método da varredura e uma abordagem do problema do caixeiro viajante. Os resultados apontam para uma melhoria de mais de 54% na distância percorrida e, assumindo algumas hipóteses, a economia total do tempo obtida por todas as rotas é de aproximadamente 1,347 horas.

**Palavras-chave:** fretamento contínuo; otimização combinatória; problemas de roteirização;

## INTRODUÇÃO

Dentre os principais polos econômicos do Estado destaca-se o polo de confecções do Agreste, segundo maior polo têxtil e de confecções do Brasil, que reúne as cidades de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama. Sabe-se que, uma das principais dificuldades de se manter competitivo no mercado é possuir uma rede de transporte que satisfaça todos os desafios que se pousam na questão, quais sejam: entrega de mercadorias, insumos, o transporte de funcionários, entre outras questões.

Devido ao grande crescimento das cidades e à elevada variedade de maneiras de se chegar a um local, os meios de transporte tornam-se cada vez mais complexos e no que diz respeito ao transporte público, têm-se muitas linhas de ônibus operando com grande desperdício de recursos, tempo e dinheiro. Além disso, vê-se graves problemas crescendo cada vez mais, como por exemplo: congestionamentos, índices de acidentes de trânsito, emissão de gases poluentes. Tais fatores influenciam na qualidade de vida dos moradores. Diante das dificuldades enfrentadas pelos trabalhadores brasileiros com o transporte público, enfatiza-se a importância da contratação de transporte fretado pelas empresas. Esse serviço é denominado fretamento contínuo e busca satisfazer usuários e organização, simultaneamente, mediante o atendimento das necessidades de ambos. Para fornecimento de um serviço apropriado, é necessário que empresas de transporte invistam na ferramenta de roteirização. Estas proporcionam o atendimento à demanda a partir da definição de menores rotas e da consideração das condições de capacidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, foi feita a identificação do problema, logo após reuniões com a orientadora nas quais foram discutidas e levantadas possíveis ferramentas para a modelagem e resolução do problema. Após a definição do que deveria ser realizado, iniciou-se uma pesquisa bibliográfica por meio de livros periódicos, artigos e teses que continham assuntos relacionados ao tema. Em paralelo à busca de referências, foi feita a estruturação do problema.

Para coleta de dados, foram feitas visitas à empresa de transporte, a fim de encontrar informações acerca do atual plano de roteirização, definição de rotas, horários pré-estabelecidos de chegada, número de veículos disponível para o serviço e endereços exigidos como paradas obrigatórias. Após a coleta dos endereços, foi usado o *Google Maps*, serviço *online* que dispõe de mapas de cidades e de várias ferramentas como a possibilidade de medir distâncias entre pontos e identificar a latitude e longitude dos mesmos com precisão.

Com as latitudes e longitudes obtidas com o auxílio do *Google Maps* foi possível com a utilização do software *ArcGIS* plotar todos os pontos e dá início a modelagem do problema. Com os pontos plotados no *ArcGIS* foi feita a utilização do método da varredura o qual serviu de input para o problema do caixeiro viajante através da ferramenta *LogWare*, que abrange uma coleção de programas que avaliam casos logísticos.

## RESULTADOS

Com o auxílio do *Google Maps* foi obtido as latitudes e longitudes de todos os pontos. Contudo, antes de obter essas coordenadas, foram definidos os pontos de paradas fornecidos pela empresa e foi respeitado as definições da CBTU quanto à distância entre paradas. Assim, o número de pontos considerados foi 74.

Com todas as 74 coordenadas, foi possível através do software *ArcGIS* plotar os pontos em uma malha figura 1, e utilizar a mesma através do método da varredura desenvolvido manualmente para obtenção das rotas.

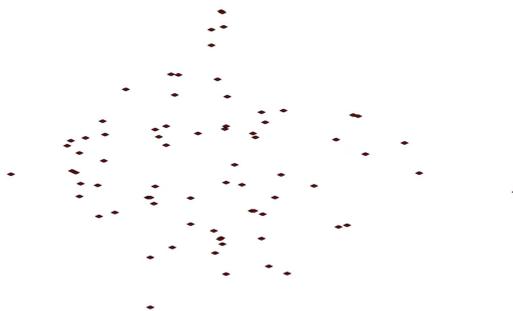


Figura 1: Pontos plotados no software ArcGIS.  
Fonte: Autor.

A origem do plano cartesiano e sobre o centro de distribuição e a criação das rotas foi obtida girando o eixo no sentido anti-horário sempre verificando a capacidade do ônibus. Após um giro de 360° onde todos os pontos foram inclusos foi obtido as seguintes rotas:

Clusters	Rota
1	66 - 19 - 65 - 21 - 73 - 20 - 74 - 32 - 67 - 72 - 24
2	23 - 68 - 71 - 31 - 25 - 70 - 22
3	33 - 28 - 29 - 69 - 30 - 6 - 40 - 27 - 41 - 1 - 26 - 39
4	2 - 50 - 38 - 37 - 3 - 36 - 35 - 4 - 8
5	7 - 34 - 64 - 5 - 63 - 9 - 11 - 18 - 10 - 15 - 12 - 16
6	62 - 17 - 13 - 14 - 54 - 55 - 52 - 58 - 53 - 45 - 47
7	51 - 44 - 46 - 61 - 56 - 57 - 49 - 48
8	60 - 59 - 43

Tabela 1: Rotas obtidas pelo Método da Varredura.

Após o desenvolvimento do problema do caixeiro viajante através do *Routseq* foram obtidas as seguintes rotas:



Clusters	Rota
1	75 – 32 – 74 – 73 – 72 – 24 – 21 – 20 – 66 – 19 – 65 – 67 – 75
2	75 – 31 – 25 – 22 – 23 – 71 – 70 – 68 – 75
3	75 – 6 – 27 – 26 – 40 – 41 – 39 – 1 – 29 – 30 – 28 – 69 – 33 – 75
4	75 – 3 – 4 – 35 – 8 – 50 – 36 – 37 – 38 – 2 – 75
5	75 – 34 – 9 – 10 – 11 – 18 – 16 – 12 – 15 – 64 – 63 – 5 – 7 – 75
6	75 – 45 – 57 – 53 – 13 – 14 – 17 – 52 – 62 – 58 – 55 – 54 – 75
7	75 – 56 – 51 – 49 – 44 – 61 – 46 – 48 – 57 – 75
8	75 – 43 – 60 – 59 – 75

Tabela 2: Rotas melhoradas através do Routseq.

Da tabela 3, pode-se observar as distâncias singulares das rotas, obtidas utilizando um fator de circuito de 1,96594384178367, fator esse obtido através da média do consciente das distancias reais (obtidas com auxílio do *Google Maps*) com as distâncias equivalentes (distância em linha reta).

Assim, comparando com o modelo utilizado atualmente o modelo proposto representa uma economia de cerca 54.203%. A figura 2 mostra o comparativo das distâncias entre o método empírico e o método aplicado neste trabalho.

	Distâncias (Km)
Rota 01:	13,899
Rota 02:	11,906
Rota 03:	11,634
Rota 04:	11,123
Rota 05:	12,000
Rota 06:	10,576
Rota 07:	9,886
Rota 08:	10,020

Tabela 3: Distâncias das 8 rotas

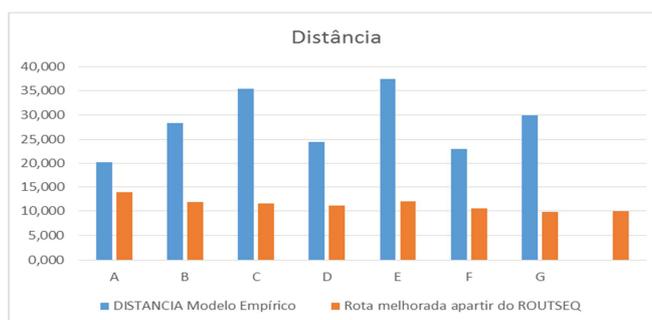


Figura 2: Comparativo das distâncias das rotas entre os dois métodos: empírico e o deste trabalho

## DISCUSSÃO

A partir do exposto na seção anterior, é importante apontar algumas condições atendidas com o método proposto na solução do problema. Primeiramente, todas as rotas obedecem à capacidade do ônibus de 45 pessoas.

Apesar de a presente proposta possuir uma rota a mais, o ganho em custo pode ser verificado. Houve uma melhoria de mais de 54% na distância percorrida e, assumindo a hipótese que em média um ônibus desloca se cerca de 80Km/h a economia total do tempo

obtida por todas as rotas seria de aproximadamente 1,347 horas, isso desprezando eventuais sinistros que cada ônibus possa encontrar na rota.

### CONCLUSÕES

Uma boa definição da rotas é uma atividade de suma importancia para uma empresa de ônibus, a partir desta, decisões sobre a gestão dos recursos são tomadas e uma decisão incorreta pode gerar grandes implicações para a organização. A roteirização provou ser uma ferramenta poderosa, na qual as variações de restrições configuram problemas diferentes com o mesmo intuito, que é reduzir custos operacionais mediante os deslocamentos dos veículos.

Diante do cenário atual, vê-se que esse instrumento pode oferecer suporte a empresa no planejamento e operação de sistemas de transporte de funcionários à medida que proporciona operações mais eficientes tanto no âmbito econômico quanto no aspecto de nível de serviço uma vez que a capacidade do onibus não é utrapassada.

A utilização do *Google Maps*, Sistema de Informação Geográfica, ajudou na visualização dos dados originais e obtenção das latitudes e longitudes onde atrelado a aplicação do método do caixeiro viajante, por meio da ferramenta *LogWare*, permitiu a redução de distâncias percorridas nas rotas.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Pernambuco, por todo apoio dado através da infraestrutura disponibilizada, ao CNPq, pela concessão da bolsa de Iniciação Científica/PIBIC, a minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dra. Maisa Mendonça Silva, por toda paciência e orientações, agradeço também a Engenheira de Produção Luana Justino por toda ajuda no presente trabalho.

### REFERÊNCIAS

- GILLETT, B.L.; MILLER, L. A Heuristic Algorithm for the Vehicle-Dispatch Problem. *Operations Research*, v.22, n.4, p.340-349, 1974.
- BELFIORE, P. P. Scatter Search para Problemas de Roteirização de Veículos com Frota Heterogênea, Janelas de Tempo e Entregas Fracionadas. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- BALLOU, R. H. *Business Logistics Management*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall, 5<sup>a</sup> Ed., 2005.
- KARP, R. M. On the Computational Complexity of Combinatorial Problems, *Networks* 5, 45- 68, 1975.
- GOLDBARG, Luna *Optimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos*. Editora Campus, 1999.
- CORMEM, Thomas H. et al. *Algoritmos: teoria e prática*. 2<sup>a</sup> Edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.
- COLIN, E. C. *Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas*. Rio de Janeiro: LTC, 2007.