

PROJETO – Laboratório de Programação Competitiva

Trabalho Prático - Momento N2 – 2024.1

Profa. Silvia Brandão

A mobilidade tornou-se um problema relevante tanto nas metrópoles quanto nas malhas ferroviárias e aéreas. Um aspecto fundamental da análise de malhas de transporte é identificar os nós que são mais importantes na rede, por algum critério adequado.

Podemos dizer que a aviação comercial evoluiu bastante ao longo dos pouco mais de cem anos de existência, buscando alternativas cada vez melhores para cumprir as rotas, visando sempre ao melhor aproveitamento do tempo de uso da aeronave. Na aviação tem-se a seguinte classificação das rotas quanto ao tipo de execução:

Rota em linha - são rotas que atendem um conjunto de cidades e são realizadas com uma sequência de escalas. Hoje em desuso, já foi muito utilizada para atender cidades com baixa demanda de passageiros e que ficam localizadas entre duas cidades de grande demanda. Como exemplo, a figura a seguir mostra a rota realizada pelo voo 254 da VARIG, onde cada ponto branco representa uma parada da aeronave. O voo partia de Guarulhos, em São Paulo, com destino a Belém, no Pará, com paradas em Uberaba, Uberlândia, Goiânia, Brasília, Imperatriz e Marabá.

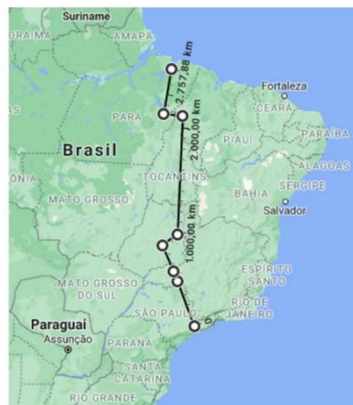


Figura – Rota em linha operada pelo voo 254 da VARIG

Esse tipo de rota tem como vantagem permitir voos diretos ou com poucas paradas ligando pequenas cidades, como por exemplo Imperatriz -> Marabá, que não possuem demanda que justifique um voo exclusivamente ligando as duas cidades, mas que somada à demanda pelos demais trechos, se transforma em uma opção viável. Uma variação deste tipo de rota, com apenas uma escala, ainda é praticada até hoje, porém com menor frequência. Como exemplo, pode-se citar o voo LA712, operado pela LATAM Airlines de Santiago (Chile) com destino a Tel Aviv (Israel), que possui escala em Guarulhos – SP e o QR774, operado pela Qatar Airways entre Buenos Aires (Argentina) e Doha (Qatar), com escala também em Guarulhos.

Rotas circulares - seguindo uma lógica semelhante à das rotas em linha, as rotas circulares buscam também atender cidades cuja demanda não justifique voos diretos entre cada uma delas. A diferença é que a disposição das cidades, ao invés de se dar próximo a uma linha reta, se dá em formato de círculo. Possui as mesmas vantagens e desvantagens da rota em linha, porém deve se limitar a poucas escalas para ser vantajosa para o passageiro, haja vista que muitos pontos no círculo imaginário aumentam muito a distância entre duas cidades que, em linha reta, podem ser próximas, levando o passageiro a optar por outro meio de transporte.

Na figura a seguir, tem-se um exemplo hipotético de rota circular ligando as cidades de Fortaleza, Natal, Recife, Aracaju e Teresina.



Figura – Rota circular hipotética

Rota com centro de distribuição (Hub & Spoke) - implementada primeiramente nos Estados Unidos na década de 1970, o sistema de hub & spoke consiste na escolha de alguns poucos aeroportos onde as operações serão concentradas (hubs). A partir daí, a malha é desenvolvida de forma a ter muitos voos diretos ligando os hubs aos demais destinos atendidos pela companhia. Tem a vantagem de aumentar a taxa de ocupação dos voos, tornando, portanto, o uso da aeronave mais eficiente. Para exemplificar, pode se imaginar um cliente buscando uma passagem de Porto Alegre para Cuiabá, e outro também em Porto Alegre, porém com destino a Belo Horizonte.

Com o sistema de hub & spoke, ao invés de existirem dois voos – um de Porto Alegre para Cuiabá e outro de Porto Alegre para Belo Horizonte – ambos embarcarão no mesmo voo de Porto Alegre para São Paulo, e a partir de lá, embarcam no voo para os seus respectivos destinos que, de forma análoga, aglutinará a demanda de toda uma região do país para aquela cidade específica.

Por outro lado, a utilização de um sistema puramente dentro da estratégia do hub & spoke pode causar desconforto aos passageiros, pois por vezes é necessário aguardar longos períodos nos aeroportos de distribuição (hubs), justamente porque há de se esperar que cheguem voos o suficiente para atingir uma boa ocupação dos voos de saída. Também é negativo o fato de cidades próximas serem “separadas” por conexões longas, como por exemplo, um cliente que embarca em Macapá com destino a São Luís, e que deve realizar uma conexão em Brasília. Por isso, a grande maioria das companhias aéreas trabalham com um sistema misto, onde predomina o hub & spoke, mas também são utilizados outros tipos de rotas para que a experiência do passageiro seja a melhor possível, caminhando lado a lado com a eficiência.

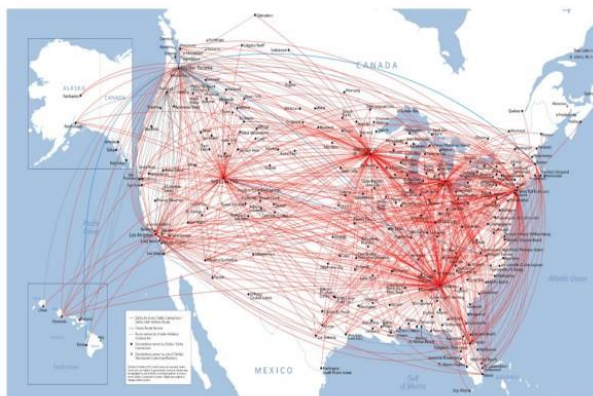


Figura – Malha aérea da Delta Air Lines com múltiplos hubs

TEMA 5) Problema da Instalação da Rede de Internet Fibra Ótica

Uma empresa de internet deseja instalar infraestrutura de fibra ótica em uma cidade. Para isso, contratou uma empresa de consultoria para, com base na topografia e na infraestrutura existente, estimar o custo de implantação de cada possibilidade de segmento na rede. Assim, eles receberam uma tabela que indicava o custo de construção, em **milhões de reais**, de cada segmentos entre os bairros vizinhos. A tabela abaixo ilustra, por exemplo, o resultado da consultoria:

Bairro Origem	A	A	A	B	B	C	C	D	D	D	E	E	F	G	G	H	I
Bairro Destino	B	C	D	D	E	D	F	F	G	H	G	I	H	H	I	J	J
Custo (R\$)	7	5	5,5	7,5	8	6	6,5	5,5	3,5	6,5	4	5	5	5	5	7,5	5,5

A empresa, está sediada no **Bairro A**, de onde partirá a construção da infraestrutura. Sobre esse problema foram identificados alguns objetivos que foram entregues a sua equipe. Após analisar cuidadosamente o problema, a equipe decidiu modelar a tabela na forma de um grafo. Com base nessas premissas:

Seu programa deve, por exemplo, permitir que o usuário escolha entre as operações:

1. cadastrar os bairros.
2. cadastrar os custos de construção, em **milhões de reais**, de cada segmentos entre os bairros vizinhos, e informar os pesos proporcionais nas distâncias entre os bairros cadastrados.

Implemente também:

3. considerando que este grafo NÃO é direcionado, faça seu desenho e escreva a Matriz de Adjacências do grafo; colocando em cada célula, o valor do custo do segmento. Calcule, ao final, o custo total, caso todos os segmentos fossem construídos.
4. A diretoria deseja que o Bairro J seja incluído rapidamente, pois neles estão os principais clientes corporativos da empresa. Por isso, deseja priorizar a conexão da sede (Bairro A) com o Bairro J com o mínimo custo possível. Quais segmentos devem ser construídos para que se tenha a conexão do Bairro A ao Bairro J com o menor custo possível? Qual seria o custo desse caminho?
5. Qual seria o algoritmo que sua equipe utilizaria para solucionar o problema de conectar o Bairro A ao Bairro J com custo mínimo? Implemente-o e mostre os resultados obtidos.
6. A Diretoria também deseja minimizar seus custos de implantação da infraestrutura, e considerando a matriz de adjacência criada e o fato de que todos os bairros precisam ser conectados à rede, responda: Qual seria a topologia da rede de custo mínimo (quais os segmentos a serem mantidos) e qual o seu custo final? Implemente-a e mostre os resultados obtidos.
7. A Diretoria não se convence facilmente, dessa forma, você precisará explicar o processo de resolução adotada com uso da árvore geradora mínima. Qual seria o algoritmo que sua equipe utilizaria para solucionar o problema da rede de custo mínimo? Implemente-a e mostre os resultados obtidos. Desenhe a árvore geradora mínima.