

3

Decisões de Localização de Instalações

Historicamente, o estudo contemporâneo dos problemas de localização foi iniciado por Alfred Weber, que estudou a localização de uma fábrica com o objetivo de minimizar custos de transporte em relação a três pontos fixos (duas fontes de matéria-prima e um mercado consumidor).

Problemas de localização de instalações se ocupam de como servir ou suprir a população de uma dada área geográfica a partir de centros de distribuição. O que se busca determinar nestes problemas é o número e a localização de centros que possam suprir, de forma mais econômica, um conjunto de clientes de localização conhecida. A escolha de onde localizar os centros deve ser feita de modo a otimizar uma função objetivo bem definida, obedecendo às restrições do problema específico em consideração.

Para facilitar o estudo dos modelos mais importantes, vários autores têm classificado os problemas de localização em três categorias principais: localização no plano com espaço de soluções infinito; localização no plano com espaço de soluções finito; localização em redes. Os problemas do primeiro tipo são caracterizados por um espaço de soluções infinito (os centros de distribuição podem ser localizados em qualquer lugar do plano) e distâncias calculadas segundo um sistema métrico específico. No segundo tipo, a localização é limitada a um conjunto de pontos previamente escolhidos. Já na localização em redes, o conjunto de soluções consiste apenas dos nós da rede e as distâncias são medidas ao longo dos arcos. Como o objeto deste trabalho é a localização de facilidades em uma rede, este tipo de problema será abordado mais profundamente que os outros.

3.1

Localização em Redes

A definição da localização de instalações, tais como, fábricas, depósitos ou terminais de transporte, em uma rede logística, é um problema comum e dos mais importantes para os profissionais de logística. Sua importância decorre dos altos investimentos envolvidos e dos profundos impactos que as decisões de localização têm sobre os custos logísticos. Caracterizados por um alto nível de complexidade

e pelo intensivo uso de dados, os estudos de localização atualmente dispõem de novas tecnologias de informação que permitem tratar os sistemas logísticos de forma efetivamente integrada.

De forma geral, os estudos de localização tratam do problema de minimizar os custos de uma rede logística, estando esta sujeita às restrições de capacidade das instalações, tendo que atender a uma determinada demanda e devendo satisfazer certos limites de nível de serviço. Os dados de entrada para análise são as previsões de demanda para cada produto, as limitações de capacidade e as taxas de produção, as prováveis localizações das instalações, as possíveis ligações entre elas e os respectivos custos de transporte de cada modal.

O que comumente queremos determinar é:

Onde as fábricas devem ser localizadas?

Quais fornecedores deverão ser utilizados?

Quantos centros de distribuição a empresa deve operar?

Onde eles devem estar localizados?

Que clientes ou zonas de mercado devem ser supridos de cada centro de distribuição?

Que linhas de produto devem ser produzidas ou estocadas em cada fábrica ou centro de distribuição?

Que modalidades de transporte devem ser usadas para suprimento e para distribuição?

Estas questões possuem forte interdependência entre si, não devendo ser, portanto, analisadas de forma sequencial ou segmentada. Ao analisá-las, é preciso considerar os *trade-offs* existentes entre as decisões relacionadas ao transporte, ao posicionamento do estoque na rede e ao número e localização das instalações. O que se pretende é obter uma solução ótima, que atenda ao nível de serviço desejado ao menor custo total da operação.

Os métodos de solução mais utilizados são os métodos heurísticos, a simulação e a otimização, mais especificamente a programação inteira mista (MIP), sendo esta última a técnica predominante na grande maioria dos softwares. Uma das suas vantagens principais é a capacidade de modelar adequadamente os custos fixos e variáveis de uma rede logística. Além disto, por ser uma técnica otimizadora, garante que as soluções encontradas são as melhores possíveis dentro do conjunto de premissas adotadas. Sua principal desvantagem é que, dependendo

do tamanho do problema, são necessários longos tempos de processamento, podendo até tornar inviável sua resolução.

Os métodos heurísticos, ao contrário, exigem menos recursos computacionais, mas também são menos rigorosos na identificação das melhores alternativas.

3.2 LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES MÚLTIPLAS

O mais complexo e também o mais realístico problema de localização para a maioria das empresas ocorre quando duas ou mais instalações devem ser implementadas simultaneamente. Este problema é comum, pois as empresas em geral, com exceção das muito pequenas, possuem mais que uma instalação em seu sistema logístico. Uma vez que as instalações não podem ser tratadas como economicamente independentes, o problema se torna muito complexo, e o número de configurações possíveis da localização se torna enorme. Devido ao seu elevado grau de dificuldade, existem vários métodos de resolução do problema de localização de instalações múltiplas.

Será apresentado neste trabalho, um método de localização que utiliza a programação linear inteira combinada, a abordagem P-mediana. Nesta abordagem, os pontos de demanda e oferta são localizados por meio de coordenadas. Os custos que afetam a localização são taxas variáveis de transporte expressas em unidades como R\$/kg.km e os custos fixos anuais são associados às instalações candidatas. O número de instalações a serem localizadas é especificado antes da resolução. O processo de solução encontra as soluções entre os pontos especificados.

3.3

FORMULAÇÃO DA P-MEDIANA COM CUSTOS FIXOS

O modelo da p-mediana, com custos fixos, pode ser formulado como se segue:

$$MinZ = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_i d_{ij} y_{ij} + \sum_{j \in J} f_j y_{jj} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \quad i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_{jj} \leq p \quad (3)$$

$$y_{ij} \leq y_{jj}, \quad i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$y_{ij} = \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J \quad (5)$$

onde

w_{ij} : peso, por exemplo, quantidade transportada de i para j

d_{ij} : distância de i para j

Nessa formulação, tanto I como J representam o conjunto de vértices da rede. O valor $y_{jj} = 1$ indica que um posto de serviço foi colocado no vértice j; se $y_{jj} = 0$, então no vértice j não será colocado nenhum posto de serviço.

Por outro lado, a variável $y_{ij} = 1$ exige que $y_{jj} = 1$, ou seja, que exista uma instalação no vértice j. Em outras palavras, o serviço demandado pelo vértice i será satisfeito pelo vértice j somente se em j houver uma instalação ofertando o serviço. Além disso, a demanda do vértice i é totalmente atendida pelo vértice j.

3.4 FORMULAÇÃO DA P-MEDIANA

Trata-se de um caso particular do anterior, se $f_j = 0$. Para reduzir a soma das distâncias, sem custos fixos é natural que se abra tantas instalações quantas possíveis. Em consequência, a restrição (3) será sempre ativa. O modelo se torna:

$$MinZ = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} w_i d_{ij} y_{ij} \quad (6)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \quad i \in I \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} y_{jj} = p \quad (8)$$

$$y_{ij} \leq y_{jj}, \quad i \in I, j \in J \quad (9)$$

$$y_{ij} = \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J \quad (10)$$