

UMA ABORDAGEM ESTRATÉGICA PARA LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

Jacqueline Magalhães Rangel Cortes

Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF

e-mail: jmrc@uenf.br

Geraldo Galdino de Paula Júnior

Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF

e-mail: galdino@uenf.br

ABSTRACT: The motivation for this paper is the multiobjective dynamic facility location problem. A multiobjective dynamic model has as objectives to minimize costs of installation and consumer center-facility connection during a period of time, maximize advantage local, minimize consumer centers attendance time and maximize growth centres. It is proposed in order to treat the problem in a strategic way, and then to contribute for the regional development process and to increase the competitiveness.

KEYWORDS: multiobjective dynamic, competitive, development, strategic location.

1. INTRODUÇÃO

A tomada de decisão locacional diz respeito à decisão de escolher locais para a instalação de uma ou mais novas facilidades, visando servir a um conjunto de centros consumidores, tal como mercados potenciais, cidades ou usuários, entre outros. A facilidade também pode ser localizada em relação a centros de fornecimentos de insumos, como também não depender de nenhuma condição específica para sua localização. O planejamento da localização origina-se em muitos contextos, podendo envolver desde a localização de indústrias, aeroportos ou hospitais até máquinas ou equipamentos, e apresentar-se, de um modo geral, em dois enfoques: o macrogeográfico, que considera as características interregionais para determinação da localização (macrolocalização), e o microgeográfico, que considera as características locais para determinação da localização (microlocalização).

Este trabalho aborda a localização de facilidades que representam atividades econômicas (facilidades econômicas). Também foi considerado que a decisão de localização é influenciada por fatores relacionados a demanda dos centros consumidores por bens. Ou seja, supõe-se que estes bens são relativamente mais caros ou difíceis que os insumos necessários para sua construção.

A preferência de uma localização potencial em relação às demais pode depender do retorno esperado ou do custo associado a tal localização. Contudo, as decisões locacionais para facilidades, raramente são baseadas exclusivamente em objetivos de valores monetários. Segundo Nijkamp & Spronk (1981), muitos aspectos das decisões de investimento não podem ser traduzidas em um denominador monetário comum (por exemplo, risco); e, as decisões locacionais geralmente causam efeitos que dificilmente poderiam ser incorporadas ao custo tradicional (por exemplo, poluição ambiental).

Os problemas de decisão, em particular as muitas decisões de localização de facilidades, envolvem muitos critérios, quantitativos e qualitativos, que podem ser conflitantes por natureza, tal como minimizar custos totais e maximizar qualidade. Para lidar com este dilema são necessárias ferramentas de auxílio à decisão que considerem os fatores relevantes que afetam a decisão a ser tomada, como também o *tradeoff* entre eles (Melachrinoudis & Min, 2000).

A característica básica da análise multicritério é o fato de que uma grande variedade de aspectos de decisão relevantes podem ser levados em consideração sem a necessidade de traduzi-los em termos monetários (Nijkamp & Spronk, 1979). Alguns outros fatores que podem influenciar a escolha final da localização da atividade econômica são as seguintes: proximidade dos mercados e dos fornecedores, infra-estrutura local, localização dos competidores, barreiras governamentais, impacto na saúde, qualidade de vida, competências locais, impacto econômico, danos ambientais, entre outros.

A empresa que considerar uma análise multiobjetivo provavelmente conseguirá maior vantagem competitiva. Porém, como as decisões locais são inerentemente de longo prazo, uma localização eficiente das facilidades pode tornar-se um erro de investimento no futuro, devido às mudanças ambientais. Deste modo, determinar as melhores localizações para facilidades em um horizonte de planejamento é um importante desafio para manter a competitividade da empresa, o que torna a decisão de onde localizar suas atividades econômicas uma das mais importantes decisões estratégicas feitas pelas empresas.

As decisões de localização de facilidade são elementos críticos em um Planejamento Estratégico, tanto para uma grande variedade de regiões quanto para empresas públicas e privadas. Segundo Iakovou *et al.* (1997), a tomada de decisão de localização de equipamentos de limpeza de vazamentos de óleo é estruturada em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional. Generalizando para o caso de localização de facilidades, pode-se ter as seguintes definições desses níveis:

1. Nível estratégico: questões de estratégias de investimento e de planejamento a longo prazo são consideradas, inclui-se, portanto, as decisões de localização, número e tipo de facilidade a ser instalada;
2. Nível tático: determina ações de agregação das facilidades e os níveis de capacidade apropriados;
3. Nível operacional: examina a performance operacional da facilidade.

Com relação aos problemas estratégicos, segundo Owen & Daskin (1998), os altos custos associados à aquisição de propriedades e construção de facilidades fazem dos projetos de localização e realocação um investimento de longo prazo. Reforçando o que foi apresentado em parágrafos anteriores, os autores afirmam que para tornar tal empreendimento lucrativo, os decisores devem selecionar locais que não apenas tenham boa representação de acordo com o atual estado do sistema, mas que continuarão sendo lucrativas pelo tempo de vida da facilidade, mesmo com mudanças ambientais, migrações populacionais e evolução das tendências de mercado. Portanto, a natureza estratégica dos problemas de localização de facilidades requer também que características dinâmicas e/ou estocásticas sejam consideradas. As formulações dinâmicas focam a questão do tempo que está envolvido na localização de facilidades ao longo de um horizonte prolongado. As formulações estocásticas tentam captar as incertezas nos parâmetros de entrada do problema.

As decisões locais, segundo Clemente (1998), são fundamentais tanto para as empresas, que procuram as maiores vantagens em termos de custos e receitas, quanto para o poder público, cujos objetivos de desenvolvimento regional, de desenvolvimento urbano e de diminuição dos desequilíbrios regionais e interregionais estão sempre em destaque.

Deste modo, considerando a natureza estratégica dos problemas de localização de facilidades, é necessário, também, examinar os objetivos do planejamento urbano e regional, de forma a levá-los em conta na decisão de investimento da empresa. Os seguintes objetivos podem ser destacados: aumento do valor agregado empresarial, elevação do nível de emprego e redistribuição na população, utilização dos recursos locais, criação de uma estrutura empresarial diversificada e com capacidade de crescimento auto-sustentada e competitividade.

Para auxiliar o planejamento da localização, uma abordagem estratégica foi sugerida. Tal abordagem, que considera simultaneamente a abordagem dinâmica e a abordagem multiobjetivo, concilia os interesses das empresas e do poder público. Portanto, de acordo com o exposto, o objetivo é ter uma empresa bem sucedida tanto do ponto de vista das considerações econômicas do empresário, quanto do ponto de vista do desenvolvimento regional, no momento da decisão e nas condições futuras.

A literatura disponível sobre decisões locacionais é grande, mas existem relativamente poucos artigos que tratam simultaneamente das abordagens dinâmica e multiobjetivo. Entre eles podem-se citar Melachrinoudis & Min (2000), Abo-Sinna & Hussein (1995, 1994), Li & Haines (1989), Min (1998), Bitran & Lawrence (1980), Schilling (1980).

2. FATORES LOCACIONAIS

Quatro fatores representativos que influenciam a decisão locacional foram considerados para identificar os critérios de tal decisão:

Custo

O fator custo é um dos mais tradicionais. Estes custos podem ser estimados tanto para o período atual quanto para os períodos futuros. Apesar do fator custo possuir importância relativa, uma vantagem substancial de custo para uma determinada localização não garantirá a escolha desta localização para se instalar a facilidade econômica, isto porque outros fatores são considerados.

Vantagem Local

É um fator qualitativo e é mais difícil de ser medido e avaliado do que os fatores monetários. Reflete o julgamento subjetivo dos incentivos oferecidos, ou já existentes, para atrair a instalação da facilidade econômica em um determinado local em um dado período e que podem trazer vantagem competitiva para a empresa. Podem ser incluídos os seguintes subfatores: infra-estrutura física, desenvolvimento tecnológico, qualidade da mão-de-obra, concentração de empresas, clima de negócios, qualidade de vida, ambiente socio-econômico criativo, e benefícios que a empresa pode adquirir pela redução dos custos, como isenção de impostos locais, subsídios, doação de terrenos. Cada um desses subfatores tem escala variando de 1 (muito pobre) a 7 (excelente). A vantagem local pode ser representada pela soma ponderada dessas pontuações.

Acessibilidade aos centros consumidores

É um importante fator locacional, principalmente para facilidades de serviços e industriais, quando o produto final é volumoso, pesado ou frágil. Este fator favorecerá o acesso mais rápido a um determinado centro consumidor mesmo a um custo mais elevado.

Atração Local

É um fator qualitativo que é representado pelo grau de atração e/ou influência que determinada localização exerce sobre suas áreas vizinhas. De acordo com a Teoria dos Centros de Crescimento e a Teoria das Localidades Centrais, uma forma de evitar acentuados desequilíbrios regionais e interregionais é incentivar os investimentos em determinados locais que estejam fora das áreas de alta concentração econômica e demográfica, e que possuem potencial para se tornarem centros de desenvolvimento, ocorrendo, então, o efeito multiplicador de desenvolvimento pelas áreas vizinhas.

3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE LOCALIZAÇÃO

A localização dinâmica multiobjetivo se refere ao problema de localização em um horizonte de planejamento no qual múltiplos objetivos devem ser considerados. Um problema de localização dinâmica multiobjetivo é o de determinar, ao longo de um período de tempo, as localizações para instalar facilidades, a capacidade das facilidades instaladas e as associações entre facilidade e centro consumidor de demanda unitária, considerando como objetivos no horizonte de planejamento: minimizar os custos de operação da facilidade e os custos de associação facilidade-centro consumidor, maximizar as vantagens locais para a facilidade, minimizar o tempo de acesso da facilidade ao seu centro de consumo e maximizar as localizações centrais.

Assume-se que a localização da facilidade econômica é realizada em nível macrogeográfico e que, uma vez instalada, a localização não poderá mudar durante o horizonte de tempo em estudo. Também assume-se, para o desenvolvimento de um modelo de planejamento de localização, que as condições futuras são as mais prováveis de ocorrer.

Especificação do Modelo

O modelo considera os seguintes índices: i para localizações potenciais para facilidade, j para os centros consumidores, k para os níveis de capacidade de facilidades instaladas e t para os períodos do horizonte de planejamento;

Os parâmetros utilizados são os seguintes:

c_{ij}^t é o custo de associação do centro consumidor $j \in J$ pela facilidade instalada na localização $i \in I$ no período $t \in T$;

f_{ik}^t é o custo de operação de uma facilidade com um nível de capacidade k na localização $i \in I$ no período $t \in T$;

v_i^t é a vantagem agregada à localização $i \in I$ no período $t \in T$;

q_i^t é o grau de atração que a localização $i \in I$ exerce sobre as suas áreas vizinhas no período $t \in T$;

d_{ij}^t é o tempo de acesso médio entre a facilidade instalada na localização $i \in I$ e o centro consumidor $j \in J$ no período $t \in T$;

R é o orçamento disponível;

b_k é a capacidade do nível $k \in K$.

As variáveis de decisão do modelo são:

$x_{ij}^t = 1$, se o centro consumidor $j \in J$ for associado à facilidade instalada na localização $i \in I$ no período $t \in T$, ou 0, caso contrário;

$y_{ik}^t = 1$, se o k -ésimo nível de capacidade da facilidade instalada na localização $i \in I$ for usado no período $t \in T$, ou 0, caso contrário.

Funções Objetivo

A partir dos fatores locacionais, quatro funções objetivo foram consideradas. A primeira função objetivo consiste na soma dos custos de operação da facilidade e de associação facilidade-centro consumidor durante o horizonte de tempo:

$$Z_1(x,y) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} c_{ij}^t x_{ij}^t + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} f_{ik}^t y_{ik}^t$$

As vantagens locais agregadas à localização da facilidade durante o horizonte de tempo representam a segunda função objetivo:

$$Z_2(y) = \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} v_i^t \sum_{k \in K} y_{ik}^t$$

A função do tempo de acesso da facilidade ao seu centro de consumo durante o horizonte de planejamento:

$$Z_3(x) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} d_{ij}^t x_{ij}^t$$

O grau de atração que a localização exerce sobre suas áreas vizinhas durante o horizonte de tempo representa a última função objetivo:

$$Z_4(y) = \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} q_i^t \sum_{k \in K} y_{ik}^t$$

O Modelo Dinâmico Multiobjetivo

O problema dinâmico multiobjetivo pode ser definido através do seguinte modelo de programação linear 0-1:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & [Z_1(x,y), -Z_2(y), Z_3(x), -Z_4(y)] \\ \text{s.a.} \quad & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} c_{ij}^t x_{ij}^t + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} f_{ik}^t y_{ik}^t \leq R \quad (1) \\ & \sum_{i \in I} x_{ij}^t = 1 \quad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (2) \\ & \sum_{j \in J} x_{ij}^t \leq \sum_{k \in K} b_k y_{ik}^t \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (3) \\ & \sum_{k \in K} y_{ik}^t \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (4) \\ & \sum_{k \in K} y_{ik}^t \leq \sum_{k \in K} y_{ik}^{t+1} \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (5) \\ & x_{ij}^t \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (6) \\ & y_{ik}^t \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall k \in K, \forall t \in T \quad (7) \end{aligned}$$

Nesta formulação, os objetivos no horizonte de planejamento são: minimizar os custos de operação da facilidade e os custos de associação facilidade-centro consumidor, maximizar as vantagens locais para a facilidade, minimizar o tempo de acesso da facilidade ao seu centro de consumo e maximizar as localizações centrais. As restrições informam que: (1) os gastos em todos os períodos não devem ultrapassar o orçamento disponível; (2) cada centro consumidor, em cada período, deve ser associado, e a apenas uma facilidade; (3) em cada período, se nenhuma facilidade for instalada na localização i , então nenhum centro consumidor pode ser associado a esta localização, e, no caso de uma facilidade ser instalada, o número de centros consumidores associados à ela não deve ser superior à sua capacidade; (4) a localização i , em cada período, pode não ser selecionada para a instalação de uma facilidade, e, no caso de uma facilidade ser instalada, esta deve

ter apenas um único nível de capacidade; e, (5) a facilidade que for instalada na localização i não poderá ser removida durante o horizonte de tempo considerado.

4. MÉTODOS PARA RESOLUÇÃO DO MODELO

A otimização multiobjetivo busca “otimizar” os componentes de uma função objetivo vetorial. Diferentemente da otimização monoobjetivo, a solução para este problema é uma família de soluções (pontos) eficientes. Cada uma dessas soluções é ótima no sentido de que nenhuma melhoria pode ser alcançada em um componente da função vetorial sem que haja a piora de pelo menos um dos componentes restantes. Dentre as soluções eficientes, o decisor escolherá a solução que julgue mais satisfatória.

Para determinar os locais de instalação de facilidades econômicas, os múltiplos objetivos podem ser combinados *ad hoc* para formar uma função objetivo escalar através da combinação linear ponderada dos múltiplos critérios. A ponderação dos critérios locais pode indicar a importância das características locais. Para elaborar a função escalarizante pode-se utilizar pesos iguais para os três objetivos (isto é, 1/3, 1/3, 1/3).

Uma outra forma de resolução é otimizar apenas uma das funções objetivo enquanto todas as outras são convertidas em restrições de desigualdades.

Uma característica comum dessas duas técnicas é a possibilidade de gerar o conjunto completo, ou um subconjunto de soluções eficientes, por variação paramétrica. Neste caso, o esforço computacional para o cálculo destas soluções é muito grande.

Os métodos de apoio à decisão multiobjetivo em que há a articulação progressiva de preferências do decisor, que são chamados de métodos iterativos, são mais adequados. Todos os procedimentos iterativos consistem de duas fases que se alternam, uma fase de cálculo e uma fase de julgamento. Na fase de cálculo, uma solução, ou grupo de soluções, é gerada e fornecida ao decisor. Na fase de julgamento, o decisor avalia a informação recebida e articula suas preferências com respeito aos valores dos critérios. A intervenção do decisor serve para orientar a busca por uma solução eficiente, reduzindo o esforço computacional.

A normalização das funções objetivo é aconselhável, se estas funções apresentarem ordem de grandeza muito diferentes (Steuer, 1986).

5. CONCLUSÕES

O fato do problema de localização de facilidades geralmente envolver vários objetivos, muitas vezes conflitantes, faz com que uma abordagem multiobjetivo seja mais conveniente. E, por causa da natureza estratégica do problema de localização, requer-se que características dinâmicas e/ou estocásticas sejam consideradas. O artigo abordou o problema de localização sob os enfoques multiobjetivo e dinâmico considerando um futuro mais provável. Porém, a utilização de métodos de previsão de condições futuras não baseadas no futuro mais provável – como, por exemplo, planejamento de cenários – seria aconselhado.

Fatores qualitativos foram incluídos no problema de localização. Os fatores vantagem local e atração local representam os interesses das empresas e do poder público, respectivamente. O objetivo é ter uma empresa bem sucedida tanto do ponto de vista das considerações econômicas do empresário, quanto do ponto de vista do desenvolvimento regional, no momento da decisão e nas condições futuras.

A abordagem estratégica sugerida concilia a abordagem dinâmica com a abordagem multiobjetivo que considera os interesses, muitas vezes conflitantes, das empresas e do poder público. Um possível modelo para o problema de localização de facilidades econômicas foi apresentado.

REFERÊNCIAS

- Abo-Sinna, M.A., Hussein, M.L. (1995) “An Algorithm for Generating Solutions of Multiobjective Dynamic Programming Problems”, *European Journal of Operational Research*, vol. 80, no. 1, pp. 156-165.
- Abo-Sinna, M.A., Hussein, M.L. (1994) “An Algorithm for Decomposing the Parametric Space in Multiobjective Dynamic Programming Problems”, *European Journal of Operational Research*, vol. 73, no. 3, pp. 532-538.
- Bitran, G.R., Lawrence, K.D. (1980) “Locating Service Offices: A Multicriteria Approach”, *OMEGA*, vol. 8, no. 2, pp. 201-206.
- Clemente, A. (1998) “Projetos Empresariais e Públicos”. Editora Atlas, São Paulo, SP, 344 p.
- Iakovou, E., Ip, C.M., Douligeris, C., Korde, A. (1997) “Optimal Location and Capacity of Emergency Cleanup Equipment for Oil Spill Response”, *European Journal of Operational Research*, vol. 96, no. 1, pp. 72-80.
- Li, D., Haimes, Y.Y. (1989) “Multiobjective Dynamic Programming: The State of the Art”, *Control-Theory and Advanced Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 471-483.
- Melachrinoudis, E., Min, H. (2000) “The Dynamic Relocation and Phase-out of a Hybrid, Two-echelon Plant/Warehousing Facility: A Multiple Objective Approach”, *European Journal of Operational Research*, vol. 123, no. 1, pp. 1-15.
- Min, H. (1998) “Dynamic Expansion and Relocation of Capacitated Public Facilities: A Multi-objective Approach”, *Computers and Operations Research*, vol. 15, no. 3, pp. 243-252.
- Nijkamp, P., Spronk, J. (1981) “Interactive Multidimensional Programming Models for Locational Decisions”, *European Journal of Operational Research*, vol. 6, pp. 220-223.
- Nijkamp, P., Spronk, J. (1979) “Analysis of Production and Location Decisions by Means of Multicriteria Analysis”, *Eng. Process Economics*, vol. 4, pp. 285-302.
- Owen, S.H., Daskin, M.S. (1998) “Strategic Facility Location: A Review”, *European Journal of Operation Research*, vol. 111, no. 3, pp. 423-447.
- Schilling, D.A. (1980) “Dynamic Location Modelling for Public-sector Facilities: A Multicriteria Approach”, *Decision Sciences*, vol. 11, pp. 714-724.
- Steuer, R. (1986) “Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application”. Wiley, New York.