

## **Localização de Centros de Distribuição: análise da utilização do método centro de gravidade e de um modelo por programação não linear**

João Carlos Colmenero (UTFPR) [colmenero@utfpr.edu.br](mailto:colmenero@utfpr.edu.br)

Isabel Márcia Rodrigues (UTFPR) [imarcia.r@hotmail.com](mailto:imarcia.r@hotmail.com)

Marcia Danieli Szeremeta Spak (UTFPR) [marciaspak@yahoo.com.br](mailto:marciaspak@yahoo.com.br)

Daniel Poletto Tesser (UTFPR) [danieltesser@utfpr.edu.br](mailto:danieltesser@utfpr.edu.br)

Gerson Ishikawa (UTFPR) [gersonishikawa@utfpr.edu.br](mailto:gersonishikawa@utfpr.edu.br)

### **Resumo:**

O presente artigo tem como objetivo evidenciar a importância da utilização de métodos matemáticos para a tomada de decisão na localização de centros de distribuição. Levando em consideração a natureza da decisão de longo prazo e os altos investimentos associados a instalações desse porte, ressalta-se a necessidade do implemento de técnicas de pesquisa Operacional. Nesse sentido, foram aplicados dois métodos de localização: o método centro de gravidade e um modelo contínuo de programação não linear para a localização de um centro de distribuição no estado de Santa Catarina. Nessa aplicação são analisadas as diferenças entre os dois métodos, demonstrando qual deles apresenta a melhor solução para a localização de um CD.

**Palavras chave:** Localização, Centro de gravidade, programação não linear

## **Location of distribution centers: analysis of the use of center of gravity method and nonlinear programming model**

### **Abstract**

The present paper has as demonstrate the importance of using mathematical methods for decision making on the location of distribution centers. Considering the nature of long-term decision and the high investments associated with installations of this size, underscores the need to implement techniques of Operations Research. In this sense were applied two methods of location: center of gravity method and a nonlinear programming continuous model to the location of one distribution center in the state of Santa Catarina. In this application are discussed the differences between the two methods, showing which provides the best solution for locating one distribution center.

**Key-words:** location, gravity center, nonlinear programming.

## 1. Introdução

A distribuição representa um papel importante dentro da logística, visto que o consumidor tende a substituir o local de sua compra, caso não haja o produto necessário à sua disposição. Em face disto, garantir os produtos no local ideal, no tempo certo e com custos reduzidos, se torna fundamental para as empresas. Segundo Silva (2006) a implantação de centros de distribuição visa solucionar problemas no processo de distribuição, além de contribuir para o aumento no volume de vendas.

A localização de centros de distribuição (CD) é uma das questões de grande importância no contexto logístico, tendo influência direta nos custos e no nível de serviço de uma organização. Os CD's são locais que devem ser estrategicamente definidos para atender de forma precisa os pontos de venda, estabelecendo uma ponderação de proximidade com os fornecedores e clientes, considerando ainda fatores como acessibilidade e incentivos fiscais. Além disso, um CD é uma estrutura de grande porte e que demanda de um alto investimento.

Os centros de distribuição proporcionam vantagens em termos de tempo, custo e serviço. Suas principais funções em um sistema logístico são: deter o desequilíbrio gerado pela oferta e demanda; consolidar cargas a partir de fontes múltiplas; reduzir volumes de acordo com a demanda; combinar produtos a partir da necessidade do cliente (KORPELA; TUOMINEN, 1996).

Por isso, o processo de localização de instalações desse porte deve ser altamente criterioso, levando em consideração não somente os fatores já citados, mas também a possibilidade de expansão do local devido ao aumento de vendas, ou aumento de mix de produtos. Bem como, deve ser ponderada a possibilidade da eliminação de pontos de vendas ou a redução dos produtos comercializados, e conseqüentemente a possibilidade do local se tornar ocioso com o decorrer do tempo.

A localização de um CD é um problema de projeto em nível estratégico. Isso significa que a natureza da decisão é de longo prazo e a influência da decisão de localização do centro de distribuição vai permanecer na empresa por muitos anos (KORPELA; LEHMUSYAARA; NISOMEN, 2007). Nesse processo, principalmente voltado a questão da redução dos custos e atendimento eficiente ao cliente, a localização estratégica dos centros de distribuição torna-se um fator determinante na área de logística.

De acordo com Bowersox; Closs; Cooper (2007) a finalidade de utilizar centros de distribuição é obter a redução do custo total e/ou melhorar o nível de serviço. Dessa forma, apresentam-se alguns benefícios para a instalação de centros de distribuição, entre eles: proporcionar aos clientes maior variedade de produtos; garantir o abastecimento dos pontos de venda de forma mais rápida; aumentar o fluxo das entregas no varejo; atuar em rotas menos distantes e mais rápidas; aumentar o volume de vendas; atender de forma mais eficiente os clientes.

Com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão dos gestores logísticos e contribuir com uma solução mais apropriada para a localização de centros de distribuição, este artigo propõe a utilização de dois métodos de localização: Centro de Gravidade e Modelo contínuo por programação não linear indentificando suas diferenças e analisando a melhor opção para a localização de um CD.

## 2. Referencial teórico

### 2.1 Localização de Instalações

A questão básica que trata a teoria da localização envolve as formas de escolher um local para uma instalação entre um número infinito de possibilidades, na medida em que este local seja

adequado para atender as demandas das regiões que estiverem ao redor do ponto fornecedor. (SULE, 2001).

Tradicionalmente pretende-se que as instalações estejam mais próxima dos clientes, no entanto há algumas situações em que se prefere localizar instalações em áreas bem distantes da população, como é o caso de aterro sanitário. Em outros casos há a necessidade de balancear os objetivos, quando se busca localizar instalações e clientes de forma que as distâncias entre si sejam as mais semelhantes possíveis (REVELLE; EISELT, 2005).

A Localização de instalações é um tema integrante do planejamento estratégico, pois versa sobre projetos de investimentos a longo prazo com altos custos associados, uma vez que a instalação permanecerá em operação por um tempo prolongado. A alocação de recursos, a análise de fatores e o emprego de tecnologias são alguns dos aspectos importantes no diagnóstico, de modo que os melhores locais sejam identificados e a capacidade das instalações esteja bem definida (OWEN; DASKIN, 1998).

De forma geral quatro componentes caracterizam os problemas de localização: clientes que já estão alocados em pontos ou rotas, instalações que ainda serão localizadas, o espaço em que os clientes e as instalações estão inseridos, uma métrica que indica distâncias ou tempos entre os clientes e instalações (REVELLE; EISELT, 2005).

O incremento de pesquisas no campo da Localização contribuiu para a classificação dos modelos deste tema. Sule (2001) caracteriza-os sob o aspecto qualitativo e quantitativo. Segundo Ballou (2006) a divisão pode ser feita em cinco categorias: força direcionadora, número de instalações, descontinuidade das escolhas, grau de agregação de dados, horizonte de tempo.

A diversidade de modelos deve-se a necessidade de tratamento aos vários problemas inerentes a questão da localização, que abrangem diferentes tipos de instalações, onde cada uma tem seu fluxo de entrada e saída, além de sua especificidade de produção, armazenagem e distribuição (MELO; NICKEL; SALDANHA DA GAMA, 2009). Os modelos têm diversas formulações e mudam em termos de complexidade, desde a programação linear simples até métodos determinísticos não lineares e probabilísticos (KLOSE; DREXL, 2005).

A utilização de modelos na solução de problemas de localização pode ser evidenciada no trabalho de Duran (1987), que analisou um problema de produção e distribuição em uma cervejaria da Colômbia, onde aplica um algoritmo de decomposição associado a um modelo de programação inteira mista. Com este método, é apresentada uma economia de 3,7% nos custos de transporte e de produção. Gelders; Pintelon; Wassenhove (1987) trabalharam no objetivo de determinar o número ideal de depósitos, bem como a localização destes para atender um sistema de distribuição. Para isto os autores utilizam simultaneamente dois modelos, o discreto e o contínuo com a aplicação de um algoritmo de Centro de Gravidade. Koksalan; Sural; Kirka (1993) estudaram sobre a localização de uma nova fábrica para na Turquia, baseados num modelo de programação inteira mista.

No contexto de localização de instalações, destaca-se a seleção de centros de distribuição (CD) que está entre as decisões mais críticas de uma rede de distribuição. Os CD's proporcionam ganhos em termos de tempo, custo e serviço. Suas principais funções em um sistema logístico são: deter o desequilíbrio gerado pela oferta e demanda, consolidar cargas a partir de fontes múltiplas, reduzir volumes de acordo com a demanda, combinar produtos a partir da necessidade do cliente (KORPELA & TUOMINEN, 1996).

De acordo com Bowersox; Cloos; Cooper (2007) a finalidade de utilizar depósitos é obter a redução do custo total ou melhorar o nível de serviço, em alguns casos os dois objetivos podem ser alcançados de forma simultânea.

## 2.2 Método Centro de Gravidade

Um dos métodos utilizados em problemas de localização refere-se ao Centro de Gravidade (CG) que busca a otimização dos custos e minimização da distância entre os pontos de demanda e consumo (SI; YAFEN, 2006). É um modelo que encontra a solução do custo mínimo de transporte para uma instalação intermediária localizada entre os pontos de origem e destino.

Na literatura, o método CG recebe várias designações tais como: centro de gravidade, p-gravidade, método mediano e centroide. A abordagem matemática classifica este modelo como estático de localização contínua (BALLOU, 2006).

Gandy (1972) cita como benefícios do CG a abordagem simples e a forma de cálculo fácil, porém especifica que o método não apresenta necessariamente a melhor solução para o problema. Em exemplo citado por Ballou (2006), verifica-se uma situação de localização com 50 pontos, onde os volumes e tarifas de transporte são lineares e dispersos de forma aleatória. Esta situação apresentou um erro de 1,6% em relação ao estado ótimo. De acordo com Heragu (1997), o cálculo do CG pode ser obtido pelas equações 1 e 2.

$$X = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i} \quad \text{Eq.1}$$

$$Y = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i} \quad \text{Eq.2}$$

Onde:

$X$  = Eixo horizontal das coordenadas

$Y$  = Eixo vertical das coordenadas

$w_i$  = quantidade ou volume das mercadorias

$x_i$  = coordenadas do eixo X em relação à localização da instalação.

$y_i$  = coordenadas do eixo Y em relação à localização da instalação.

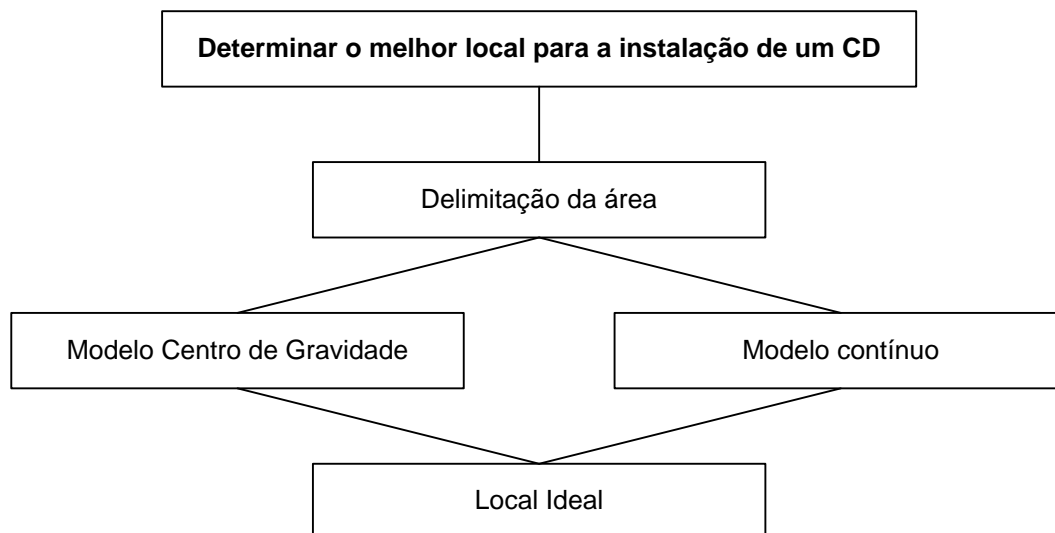
## 3.2 Modelo Contínuo

O Modelo Contínuo também denominado de Planar tem como característica dois atributos essenciais: (1) o espaço de solução é contínuo, ou seja, é possível localizar instalações em qualquer ponto do plano, (2) a distância para calcular as coordenadas (x, y) é alcançada pela métrica euclidiana ou retilínea (KLOSE & DREXL, 2003). As distâncias utilizadas no modelo, geralmente são aproximações reais das viagens realizadas por um veículo, em uma determinada rede de transportes (FRANCIS et al, 1983).

Este método assume que o número de locais para uma instalação é infinito e pode ser alocada em qualquer lugar dentro dos limites de uma área geográfica (HERAGU, 1997). No entanto, busca-se encontrar em meio a este infinito um local que seja o melhor entre tantos analisados, além disto, este modelo tem como vantagem a facilidade de testar soluções para verificar se o método é ótimo para o problema apresentado (FRANCIS; Mc GINNIS; WHITE, 1983).

## 4. Metodologia

A metodologia foi realizada conforme as etapas apresentadas na figura 1.



Fonte: desenvolvido pelos autores

Figura 1 - Etapas da pesquisa

#### 4.1 Primeira etapa: Delimitar área

Para execução desta etapa foram adotados dois passos: levantamento geográfico e mapeamento da área

- Levantamento Geográfico

(a) Definir uma região de estudo e recolher informações sobre o número de cidades e suas respectivas populações.

- Mapeamento da área

(a) Imprimir o mapa da região em papel milimetrado;

(b) Sobrepor eixo de coordenadas (x, y) no mapa em relação a um referencial (0,0);

(c) Determinar os valores das coordenadas (x, y) pela medida de escala gráfica do mapa;

(d) Definir o método de mapeamento por cidade ou por setores: quando o número de cidades for considerado expressivo, tornando maior o tempo de resposta do modelo, é possível utilizar a divisão da região em setores (quadrados). Este sistema reduz a complexidade do cálculo do modelo ao diminuir o número de parâmetros, obtendo mais agilidade na solução do problema. As dimensões dos setores são obtidas através do cálculo com as Equações 3 e 4.

$$D = (J - (Y - Z)) \times K \quad \text{Eq.3}$$

Onde:

D= distância total percorrida em um dia de trabalho considerando ida e volta (km/ dia);

J= jornada de um dia de trabalho de um motorista (h / dia);

Y= tempo de descarga em um dia de trabalho, considerando atividades de desamarragem da carga (h / veículo);

Z = tempo não produtivo gasto com atividades extras como: janelas de recebimento, problemas no trânsito, divergências de documentação fiscal, outras paradas, etc. (h/veículo);

K= velocidade permitida para circulação de um caminhão (km/h).

Após obter o valor de (D), divide-se este resultado por dois para encontrar a distância

percorrida para somente um fluxo (d). Aplica-se o valor de (d) na Equação 4, que resultará no número a ser utilizado como medida do lado do quadrado.

$$\ell^2 = \frac{d^2}{2} \quad \text{Eq.4}$$

Onde:

$\ell$  = área que delimita os setores. O valor de  $\ell$  é o mesmo para os quatro lados, o valor de  $\ell$  deve ser transformado em unidade de medida de coordenada, conforme a grandeza mencionada no mapa.

d= distância percorrida em um dia de trabalho considerando somente um percurso ida (km/dia);

(e) Traçar as coordenadas e destacar os setores no mapa conforme dimensões encontradas;

(f) Enumerar os setores no mapa, verificando quais cidades pertencem às respectivas divisões e alocar os dados das cidades, população e coordenadas na Tabela 4. Somente o item população tem o seu total visualizado na planilha decorrente do somatório das populações das cidades.

#### 4.3 Segunda etapa: Método Centro de Gravidade (CG)

O método Centro de Gravidade é utilizado em problemas de localização, tendo em vista sua facilidade de cálculo, o que justifica o seu aproveitamento nesta metodologia. A aplicação do CG foi implementada em planilha excel a qual foi adaptada das equações 1 e 2 de Heragu (1997). O cálculo é realizado através do preenchimento de uma planilha com os seguintes passos:

a) Alocar na planilha as coordenadas (x, y) de cada cidade e sua respectiva população (w);

b) Pesos: multiplicam-se os valores das coordenadas pela população;

c) Totais: somam-se os valores da População e dos Pesos;

d) Centro de Gravidade: dividem-se os totais obtidos em (wx) pelo somatório de (w) e simultaneamente, os totais de (wy) pelo somatório de (w). O resultado consiste na coordenadas (x, y) do CG e indica o local para instalação dos Centros de Distribuição.

#### 4.3 Segunda etapa: Modelo Contínuo por Programação Não Linear

O objetivo do modelo foi determinar pontos para a localização dos CDs em uma área geográfica minimizando a distância entre as cidades e os centros de distribuição. O destaque deste modelo é a sua solução rápida e definição da solução global ótima, onde não há outra mais apropriada.

A natureza do modelo é de programação não linear e determina a localização para um centro de distribuição

Modelo

Função objetivo: Minimizar a soma das distâncias euclidianas ponderadas entre as cidades e um Centro de Distribuição.

$$\sum_{j=1}^n w_j \sqrt{(X_j - X^*)^2 + (Y_j - Y^*)^2} \quad \text{Eq. 5}$$

$j$  = índice da cidade (1,...,n);

$w_j$  = peso da cidade  $j$ ;

$X_j$  = abcissa da cidade  $j$ ;

$Y_j$  = ordenada da cidade  $j$ ;

$X^*$  = abcissa do centro de distribuição;

$Y^*$  = ordenada do centro de distribuição;

O valor para ( $w$ ) pode ser determinado pelo percentual de vendas, pela população ou pela participação de mercado na região.

## 5. Resultados

### 5.1 Delimitação da área

Este item foi realizado de acordo com a 1ª etapa da Metodologia.

- Levantamento Geográfico

(a) Região de Estudo: Estado de Santa Catarina

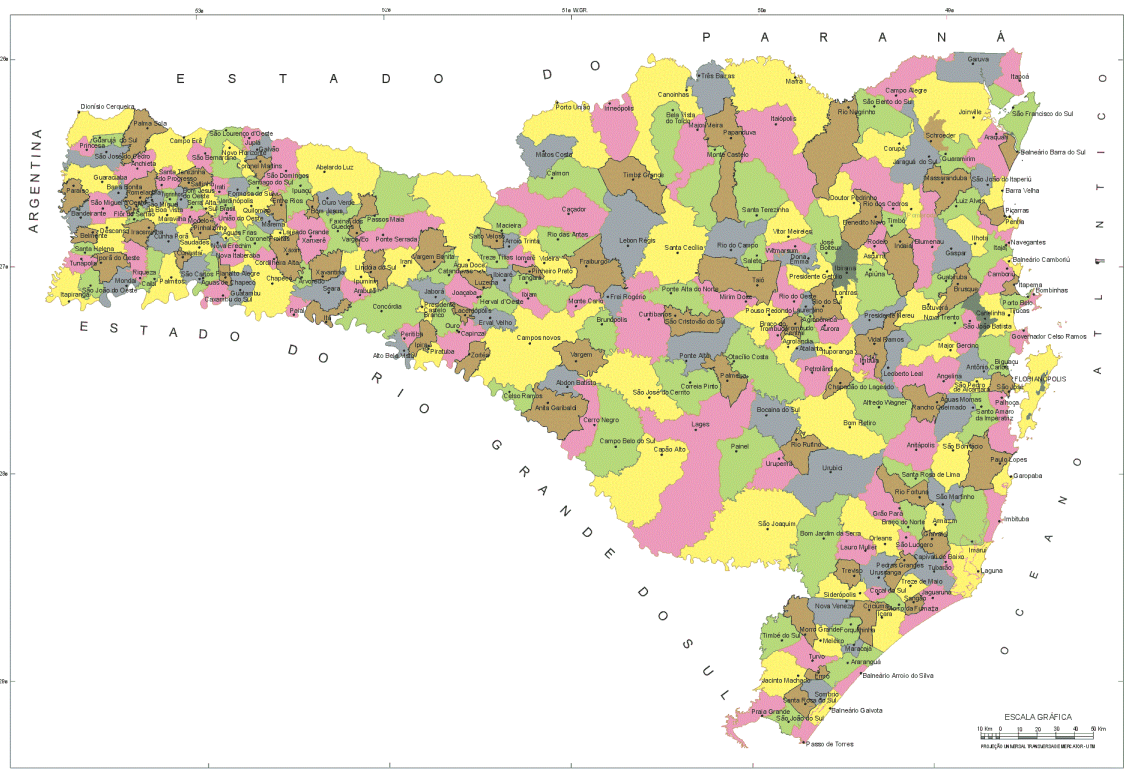
(b) Dados: Foram coletados do IBGE e tabulados em planilha Excel 2003. Referem-se a 293 cidades e suas respectivas populações, totalizando 5.866.487 milhões de habitantes.

- Mapeamento da área

(a) O mapa da Figura 7 foi utilizado para identificar as coordenadas de cada município, que tiveram como limite os valores para  $X = 0,105$  cm e  $Y = 0,80$  cm. Cada unidade de medida das coordenadas do mapa foi determinada com o valor de 10 km.

(b) Análise de localização foi realizada considerando o número total de cidades do Estado de Santa Catarina e também pela técnica de divisão de toda a região por setores. Para cálculo das dimensões dos setores foram utilizadas as Equações 3 e 4 do capítulo 4, tendo como base os seguintes parâmetros: (1) jornada de trabalho = 8 horas; (2) tempo de descarga = 4 horas considerando uma carreta com 20 paletes de cerveja, entrega porta a porta, descarga manual, atividades de enlonamento; (3) tempo não produtivo = 1 hora; (4) velocidade de 60 km por hora. Aplicando estes valores nas equações obteve-se o resultado de 60 km de área, para  $\ell$ .

(c) Os setores foram enumerados a partir de 1 até 98 quadrados para determinar as coordenadas ( $x, y$ ) de cada setor e sua população.



Fonte: <http://www.infoescola.com>

Figura 2 - Mapa Santa Catarina

## 5.2 Segunda Etapa: Método de Centro de Gravidade

Com base na segunda etapa da metodologia. O cálculo foi realizado multiplicando as coordenadas (x, y) pela população formando o peso, posterior somam-se os pesos com a população. No método Centro de Gravidade: dividem-se os totais obtidos em (wx) pelo somatório de (w) e simultaneamente, os totais de (wy) pelo somatório de (w). O resultado consiste na coordenadas (x, y) do CG e indica o local para instalação dos Centros de Distribuição.

A localização CG resultante dos cálculos gerados pela planilha em Excel é expressa pelas coordenadas  $x = 76,83$  e  $y = 46,97$ , identificadas na Figura 8 pelo ponto preto.

## 5.3 Terceira Etapa: Modelo Contínuo por programação não linear

O modelo foi aplicado para determinar um local ótimo em Santa Catarina para a instalação de um Centro de Distribuição. O modelo por programação não linear foi implementado em linguagem matemática Lingo 11.0.1. Foram aplicados dois casos ao modelo com o objetivo de evidenciar qual análise seria mais rápida, devido a diferença de parâmetros do Caso 1 (293 cidades) para o Caso 2 (98 setores). Outra finalidade foi verificar a divergência de localização de ambos os casos.



ANÁLISE	ITERAÇÕES	TEMPO PROCESSAMENTO	COORDENADAS PARA 1 CD	
<b>293 cidades</b>	497.204	2,55 min.	X (86,46)	Y (49,09)
<b>98 setores</b>	240.491	1,03 min.	X (86,32)	Y (49,68)

Fonte: desenvolvido pelos autores

Tabela 1 - Resultados entre diferentes parâmetros

A utilização do modelo com duas análises, teve como objetivo verificar a diferença de tempo e do número de iterações entre os dois casos, visto que há uma disparidade grande de variáveis em ambos. Na análise com 98 setores há uma redução de 48% das iterações e de 49% do tempo gasto na investigação. O ponto de localização para 293 cidades é praticamente o mesmo para 98 setores, considerando um pequeno erro percentual: 0,16% para x e -1,20% para y.

Mesmo com a grande diferença de iterações e tempo entre os dois casos, o local sugerido para instalação do CD pelas duas análises, não apresentou maiores alterações. Desta forma é válida a utilização de qualquer um dos casos, pois ambos apresentaram a solução global ótima, onde não há outra opção melhor.

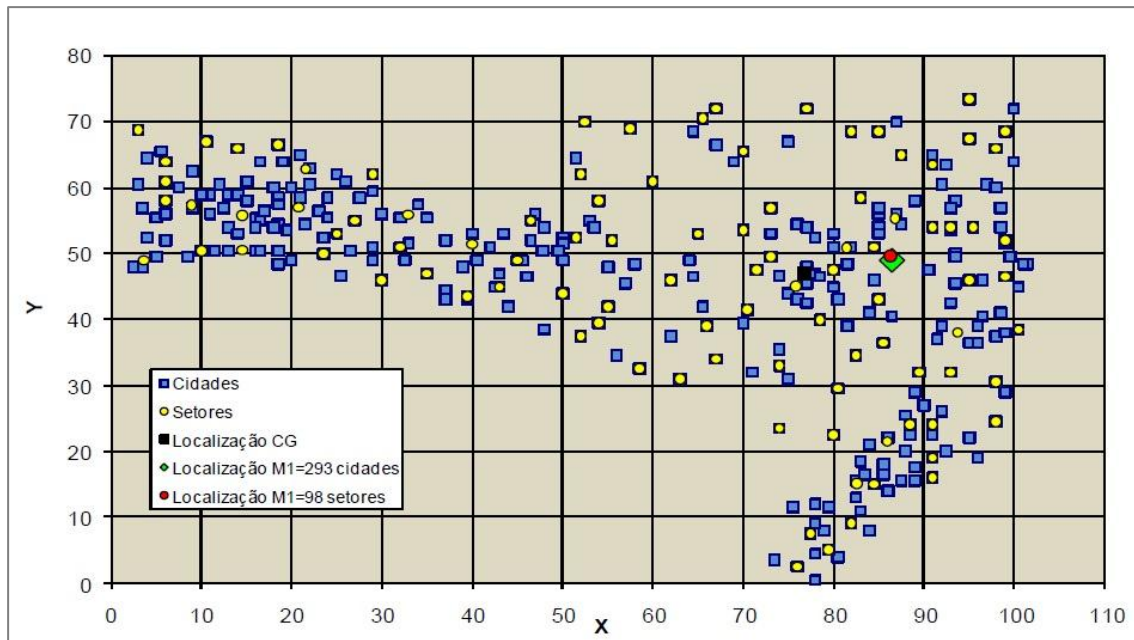
Com esses resultados, foi comparado a localização determinada pelo método CG e o modelo contínuo por programação não linear na análise das 293 cidades, onde apresentam-se divergências entre a localização com um percentual de erro de 11,14 % para x e 4,34% para y. As coordenadas determinadas pelos dois modelos são apresentadas na tabela 2.

MÉTODO	COORDENADAS	
<b>Centro de Gravidade</b>	X (76,83)	Y (46,97)
<b>Modelo Contínuo PNL</b>	X (86,32)	Y (49,68)

Fonte: desenvolvido pelos autores

Tabela 2 – Diferenças De coordenadas entre os dois métodos.

Através da Figura 3 é possível visualizar a divergência de localização entre os dois modelos.



Fonte: Desenvolvido pelos autores

Figura 3 - Pontos para Localização

Verificou-se que o método CG apresentou uma localização aproximada para o CD, uma vez que o Modelo Contínuo identificou a solução global ótima para a localização, dando consistência à pesquisa de Ballou (2006) que constatou que o método CG não apresenta a melhor solução em problemas de localização.

## 6. Conclusões

O presente estudo realizou uma comparação entre dois métodos de localização para centros de distribuição. A utilização de tais métodos visa proporcionar maior precisão e confiabilidade para a decisão de uma instalação, e pode ser aplicada não somente à centros de distribuição, mas também a armazéns, fábricas, lojas, entre outros, adequando os parâmetros a serem utilizados para a realidade aplicada.

Na comparação entre o método Centro de Gravidade e o modelo contínuo por programação não linear, foi possível identificar que existe uma disparidade considerável entre os dois métodos, onde o CG apresentou uma localização aproximada e o modelo contínuo uma solução ótima, onde a segunda opção apresentou maior viabilidade, estando mais próximo da realidade. Reafirmando a colocação de alguns autores sobre a fragilidade da aplicação do método centro de gravidade.

Ainda com vistas a validar o segundo modelo: o modelo contínuo por programação não linear, foram aplicados dois casos, um com o total de cidades e o outro com a divisão por setores, apesar de existirem diferenças no tempo de processamento e iterações de ambas as aplicações o resultado final de localização não sofreu grandes mudanças podendo ser ambas as opções utilizadas.

A utilização de modelos e métodos para a localização são de grande valia quando bem elaborados, pois deixam de lado a subjetividade da decisão, expondo dados numéricos, reais e precisos, proporcionando maior confiabilidade no processo decisório.

Tais soluções são pouco aplicadas no contexto empresarial, em parte pela falta de conhecimento desses processos, e pela complexidade em sua aplicação. Mas em se tratando de grandes investimentos, com retorno a longo prazo, a utilização de métodos matemáticos se

torna primordial para o sucesso da decisão de localização.

### Referências

- BALLOU, R.H.** *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. São Paulo: Bookman, 2006.
- BOWERSOX, D.J. ; CLOSS, D.J. ; COOPER, M.B.** *Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística*. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- DURAN, F.** *A large mixed integer production and distribution program*. European Journal of Operational Research. v: 28, n:2, p: 207-217, Feb. 1987.
- FRANCIS, R.L; MCGINNIS, L.L. WHITE; J. A.** *Locational Analysis*. European Journal of Operational Research. v: 12, n:3, p: 220-252, Mar. 1983.
- GANDY, W.** *A Note on the Centre of Gravity in Depot Location*. Management Science, v: 18, n: 8, p: B478-B481, Apr. 1972.
- GELDERS, L.F. PINTELON, L.M. WASSENHOVE, L.V.** *A location-allocation problem in a large Belgian Brewery*. European Journal of Operational Research. v: 28, n:2, p: 196-206, Feb. 1987.
- HERAGU, S.** *Basic Models for the Location Problem*. USA: PWS Publishing Company, 1997.
- KLOSE, A.; DREXL, A.** *Facility location models for distribution system design*. European Journal of Operational Research. v: 162, n: 1, p: 4-29, Apr. 2005.
- KOKSALAN, M; SURAL,H; KIRCA,O.** *A location-distribution application for a beer company*. European Journal of Operational Research. v: 80, n: 5, p:16-24, Jan. 1995.
- KORPELA, J.; TUOMINEN, M.** *A decision aid in warehouse site selection*. International Journal of Production Economics. v: 45, n: 1-3, p: 169-180, Aug. 1996.
- KORPELA, J; LEHMUSVAARA, A; NISONEN, J.** *Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies*. International Journal of Production Economics. v: 108, n: 1-2, p: 135-142, July 2007.
- MELO, M.T; NICKEL, S.; SALDANHA DA GAMA, F.** *Facility location and supply chain management – A review*. European Journal of Operational Research. v: 196, n: 2, p: 401-412, July 2009.
- OWEN, S.H.; DASKIN, M.S.** *Strategic facility location: A review*. European Journal of Operational Research. v: 111, n: 3, p: 423-447, Apr. 1998.
- SI, S. e YAFEN, G.** *The Optimized Configuration of Volvo Car Parts Distribution Centres in China*. School of Business, Economics and Law. Goteborg University. Logistic and Transport Management. Thesis Master, 2006.
- SILVA. C.L.** *Indústria Cervejeira: um mercado em constante transformação*. Revista Fae Business, n: 6, p: 50-53, Ago. 2006.
- SULE, D.R.** *Logistics of Facility Location and Allocation*. New York: Marcel Dekker: 2001.
- REVELLE, C.S e EISELT, H.A.** *Location analysis: A synthesis and survey*. European Journal of Operational Research. v: 165, n:1, p: 1-19, Ago. 2005

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.