3
Localização em Logística

No trabalho em questão procura-se entender como os custos de logística são impactados ou impactam nas decisões de localizações de fábricas e centros de distribuição. O interesse maior é estudar a base teórica existente e modelos de apoio ao processo decisório sobre localização para confrontá-los com dados e experiências reais, em particular observando o papel dos tributos neste processo. Os dados e experiências práticas serão realizados a partir de entrevistas com empresários e, a partir de então, observar as diferenças em relação aos modelos teóricos propostos na literatura.

Assume-se que quanto mais distante ou diferente for a decisão prática em relação à proposta teórica da melhor localização dos centros de distribuição ou fábricas, por conta dos tributos, maior o indício de uma potencial distorção causada pela atual carga tributária no processo decisório. Isto é, assumimos que os modelos teóricos objetivam minimizar custos ou otimizar resultados. Assim, assumimos que a princípio as decisões baseadas nos modelos teóricos seriam as mais próximas do ideal para o empreendedor e que outras decisões seriam, portanto, menos eficientes.

Contudo, não é de interesse neste capítulo realizar uma análise profunda dos diversos teoremas matemáticos desenvolvidos por vários estudiosos ao longo do tempo. O objetivo é apresentar o ferramental teórico existente e sugerido por estudiosos nos processos de decisão sobre localização, buscando identificar até que ponto a variável tributária está presente e comparar seu peso com as considerações feitas pelos decisores na prática no cenário atual brasileiro.

Existem inúmeros trabalhos publicados e uma literatura de certa forma atualizada sobre modelos decisórios de localização, destace-se os de Azzoni (1982) e Nazario (2002). Pode-se assumir que há duas vertentes de estudos nessa área: uma delas visa o mercado privado. A outra, ações de caráter social. Azzoni (1982) refere-se ainda à localização de indústria como um estudo racional dos agentes econômicos, com o princípio da maximização dos custos, ou endereçado a fatores de transporte, de mão-de-obra e de outros insumos. Entretanto, ambas procuram resolver o problema de optar por uma localização para uma instalação que represente a melhor posição geográfica possível a partir de uma rede existente ou não. Dentro desta escolha devem-se levar em consideração a maximização das utilidades, a minimização dos custos e a satisfação da demanda.

A distinção feita entre os setores público e privado é compreensível uma vez que podem envolver interesses distintos quando consideram a decisão dos pontos de localização. O setor privado, que é de nosso interesse neste trabalho, visa a maximização dos lucros e, por conseguinte, a minimização dos custos. No setor público, busca-se o benefício mútuo dos componentes da sociedade e a minimização dos custos dos serviços oferecidos. Contudo, observa-se aqui uma similaridade entre ambos. Observamos que os dois setores buscam vantagens para os seus “clientes finais”.

O setor privado busca atender a demanda pelo beneficio econômico do bem em um contexto de competição. Já o setor público busca minimizar a distância dos beneficiados ao ponto da prestação de serviço, levando em consideração objetos como escolas, postos policiais, hospitais, parques, estradas e correios, entre outros.

Uma outra similaridade entre os dois setores é o fato de ambos buscarem na essência a minimização do tempo de deslocamento. Assim, devem relacionar o número de pontos, no caso de mais de uma instalação, levar em consideração o seu tamanho e considerar os fatores inseridos no planejamento da planta logística de transporte, tais como portos, aeroportos, fornecedores, armazéns, filiais de varejo e centros de serviço, pontos na rede onde produtos param temporariamente e os usuários ou consumidores finais. É deste interesse em minimizar distâncias que iniciaram-se os estudos de localização. Os problemas de localização, portanto, correspondem a uma busca pelas mínimas distâncias, dado um espaço de soluções.

Para Ballou (2001), as decisões de localização devem considerar a limitação da solução entre 5 características:

- por força direcionadora

- por número de instalações

- por escolhas discretas

- por grau de agregação de dados

- por horizonte de tempo

Por força direcionadora – A localização das instalações é determinada freqüentemente por um fator que é mais crítico que os demais. Aqui os fatores econômicos são importantes para localização de armazéns e fábricas. Para o varejo o importante é o rendimento, com os custos de localização subtraídos das receitas para determinar a lucratividade. Finalmente, para os serviços beneficentes, ou melhor, para o setor de serviços sociais, como hospitais, caixas automáticos de bancos, centros de coleta de caridade ou lojas de consertos, a acessibilidade deverá contemplar um maior peso à influência decisória.

Por número de instalações - Visa a localização de uma instalação ótima ou a opção por uma rede de pontos. A opção por uma instalação única considera forças competitivas de demanda entre instalações, efeitos de consolidação de estoque e custos de instalações. Neste caso, custos de transporte são essenciais.

Por escolhas discretas - Dentre opções de instalação, opta-se pela melhor dentro de um espaço contínuo. São caracterizados por uma decisão de escolha baseada em processos discretos de localização mais utilizados na prática, principalmente quando existe a necessidade de se utilizar uma planta com multipontos de instalações.

Por grau de agregação de dados - Agrupar da melhor forma lógica possível as várias opções de configurações de projeto e agregá-las de forma racional para obter um processo pratico de localização. O método resultante permite com precisão limitada, a localização de áreas geográficas amplas, tais como cidades inteiras. Os métodos que utilizam poucos dados agregados, especialmente aqueles para a seleção de local, podem diferenciar localizações separadas somente por uma rua da cidade. Esses métodos são particularmente necessários e muito aplicáveis as decisões de logística quando da localização no varejo e para as seleções de locais finais para plantas e armazéns.

Por horizonte de tempo - Levando-se em consideração que a natureza dos métodos de localização pode ser busca-se o entendimento da necessidade de atendimento da planta em um período de tempo. O processo estático visa a seleção locacional baseada em dados de um único período de tempo como, por exemplo, um ano. O processo dinâmico visa a seleção locacional por muitos anos ou multiperíodos. Estas instalações representam um investimento fixo, e os custos de movimentação de um local para outro são altos.

O estudo de localização de fábricas iniciou-se, segundo Nazario (2001), em 1909, quando Alfred Weber considerou o problema de localização de uma fábrica, visando minimizar a distância desta instalação com pontos de suprimento e demanda. Entretanto, já existiam estudos de localização para atividades rurais.

Segundo Azzoni (1982), estudos de localização agrícola iniciaram no começo do século XIX baseados na preocupação da distribuição agrícola. Esses estudos de distribuição agrícola visavam o crescimento econômico sem o desenvolvimento de um caráter social.

Posteriormente, segundo Ballou (2001), Weber iniciou estudos voltados para a distribuição industrial. Na verdade, Weber estudou a localização em um plano, ou melhor, levando em consideração somente variáveis de espaço bi-dimensionais. Weber reconheceu o papel que as matérias-primas desempenhavam no processo de produção e como elas afetavam a localização. O estudo de Weber baseava-se na localização de uma fábrica entre dois recursos facilitadores e apenas um único mercado consumidor a ser atingido.

Os estudos de Weber mostraram que certos processos podem ser perdedores ou ganhadores de peso. Processos perdedores de peso são aqueles em que a soma dos pesos das matérias-primas é maior que o peso dos produtos acabados, e os ganhadores de peso são aqueles em cujo processo de produção do bem final são incorporadas matérias-primas agregando peso ao produto final. São exemplos de processos perdedores de peso a mineração e fabricação de aço. Um exemplo de processo ganhador seria o engarrafamento de refrigerantes. Portanto, Weber buscou em seu estudo evitar o transporte de produtos inúteis, reduzindo os custos de transporte e escolhendo a melhor localização para tais processos.

Alguns estudos foram pioneiros, destacando-se neste contexto, os teoremas de Hakimi (1964), Maranzana (1964), Teitz e Bart (1968). Cada um deles procurou estudar a localização de fábricas em uma possível rede logística ou uma rede logística ótima. Hakini (1964) publicou estudos de localização de postos de serviços e formalizou dois teoremas. Pizzolato (2003) mostrou que a idéia principal do teorema de Hakini baseia-se na pontuação de vértices de uma possível rede, partindo da escolha e seleção de N vértices. Segundo o teorema, existe um ponto de uma rede que minimiza a soma ponderada das distâncias mais curtas de todos os vértices a este ponto, e que vem a ser um os vértices da rede. O segundo teorema de Hakini fundamenta que um conjunto P de pontos, exclusivamente vértices da rede, devem minimizar a soma das distâncias ponderadas de todos os vértices ao mais próximos de P pontos da rede. Maranzana (1964) desenvolveu um algoritmo baseado na arbitrariedade de pontos e Teitz e Bart (1968) partiram para um método de substituição de vértices.

Com a era da computação, ou melhor, com o auxílio computacional, esses teoremas passaram a ser executados eletronicamente. Outras formulações e métodos foram desenvolvidos desde então. Como exemplo tem-se o Método Exato. Este método depende do tamanho, da complexidade e da subjetividade das restrições. No método exato existe uma preocupação mais evidente quanto o peso do custo no processo de localização. Paulo Nazario (2001) destaca o trabalho de Geofrion e Powers (1995) onde puderam verificar uma perspectiva evolutiva dos últimos 20 anos de projetos estratégicos relacionados a sistemas de distribuição.

Adiante será apresentado um resumo dos principais algoritmos para solução de problemas de localização em logística. A intenção é mostrar a existência e a capacidade destas ferramentas em auxiliar teoricamente uma decisão sobre localização. Contudo, não se tem o objetivo de confrontar o uso prático destes métodos de decisão sobre localização com os estudos de casos apresentados no capítulo 5. Contudo, será verificado o uso ou não destes ou outros algoritmos de localização pelas empresas alvo dos estudos. Assim, fica clara a intenção neste estudo de apresentar que há instrumentos matemáticos existentes para apoio do processo decisório sobre localização. Assumindo que representem respostas ideais ou que apontem soluções que se aproximem de um ótimo operacional, espera-se que nos estudos de caso os decisores comentem sobre suas aplicações nas situações reais. Espera-se, também, que tais modelos contemplem, de alguma forma, as implicações tributárias regionais.

Idealmente um estudo comparando as decisões teóricas com aquelas tomadas no campo empírico seria ideal para caracterizar o eventual impacto dos tributos neste processo. Contudo, embora possível, os modelos aqui apresentados não serão utilizados com o propósito de simular decisões "acadêmico-científicas" e, assim, submeter seus resultados a comparações com as decisões tomadas no campo. Infelizmente o tempo e os recursos necessários para este exercício não permitem sua realização neste trabalho.

3.1
Algoritmos para Localização

Apresentar-se-ão a seguir alguns algoritmos que auxiliam nas decisões de localização de uma instalação e definição de melhor rota. Deve-se ressaltar que a aplicação destes algoritmos é melhor realizada através do auxílio computacional. Não é de interesse desse trabalho, como descrito anteriormente, oferecer uma apresentação minuciosa dos algoritmos descritos. Contudo, serve para apontar até que ponto a variável tributária está presente em suas considerações.

3.1.1
Localização em Plano

O método de localização em plano visa obter um resultado com suposição de inexistência de restrições de percurso e uma linha reta como menor distância entre dois pontos. O plano de coordenadas bi-dimensionais é utilizado através de duas métricas: Euclidiana e Metropolitana. A métrica euclidiana utilizada a geometria do teorema de Pitágoras. A métrica Metropolitana utiliza a matemática dos módulos em um sistema de coordenadas cartesianas. Portanto, supondo os pontos i e j com coordenadas (X_i , Y_i) e (X_j , Y_j).

$$\begin{cases} \text{Euclidiana: } d^2_{ij} = (X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 \\ \text{Metropolitana: } d_{ij} = | X_i - X_j| + | Y_i - Y_j| \end{cases}$$

Uso: Esses dois métodos de localização podem ser utilizados para localizar instalações petrolíferas no mar, instalações em terra cujos locais são desprovidos de benfeitorias e sem restrições ou barreiras.

Segundo Pizzolato (2003), Weber foi o precursor da utilização da matemática euclidiana e cartesiana como ferramentas na teoria da localização industrial. Weber introduziu algumas variáveis que ponderavam sobre a matemática acima mencionada.

Chama-se de problema de Weber generalizado aquele em que, entre vários pontos ponderados, deseja-se localizar um ponto central, P. A seguir, encontra-se o equacionamento e solução do modelo. Para demonstrá-lo, devemos levar em consideração o seguinte :

- W_i = peso correspondente do ponto i (bens demandados, recursos enviados, população etc).

- (X_i , Y_i) = coordenadas do ponto i

- (X_p , Y_p) = coordenadas desconhecidas do ponto central P, a determinar

- D_{ip} = distância euclidiana do ponto i ao ponto central P

- N = numero de pontos servidos

Então o problema de Weber vai consistir na localização do ponto central P que minimize a soma das distâncias ponderadas do conjunto de pontos i que pertençam ao conjunto N de pontos, ao ponto P. Assim:

$$\text{MinZ} = \sum_{i \in I} W_i d_{ip} = \sum_{i \in I} W_i \sqrt{(X_i - X_p)^2 + (Y_i - Y_p)^2}$$

A solução para esta equação de Weber pode ser assim interpretada matematicamente:

$$\frac{\partial Z}{\partial X_p} = \sum_i \frac{W_i(X_i - X_p)}{d_{ip}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{Xp} = \frac{\sum_i \frac{W_i X_i}{d_{ip}}}{\sum_i \frac{W_i}{d_{ip}}}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Y_p} = \sum_i \frac{W_i(Y_i - Y_p)}{d_{ip}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{Yp} = \frac{\sum_i \frac{W_i Y_i}{d_{ip}}}{\sum_i \frac{W_i}{d_{ip}}}$$

O método de Weber converge para uma solução, em poucas interações, para um ponto P desejado. Para tal, basta:

- Arbitrar a posição do ponto P e calcular todas as distâncias d_{ip}

- Calcular X_p e Y_p usando as expressões acima, o que significa achar um novo ponto P

Com o novo ponto O, recalcular as distâncias d_{ip}, ou seja, repetir os passos anteriores até que o ponto P permaneça estacionário.

3.2
Métodos Heurísticos

Os métodos heurísticos podem ser denominados como qualquer princípio ou conceito que contribui para reduzir o tempo médio de pesquisa de uma solução. Algumas vezes, são chamados de regras que guiam a resolução do problema. Quando aplicados a problemas de localização, tais regras, que são uma conseqüência de discernimento sobre o processo de solução, permitem que boas soluções sejam obtidas rapidamente de numerosas alternativas. Os métodos heurísticos não garantem uma solução ótima.

Segundo Ballou (2001) os métodos heurísticos têm sido os preferidos na pesquisa para localização de armazéns. Ainda segundo Ballou (2001) Kuehn e Hamburger foram dois dos principais desenvolvedores dos métodos heurísticos para localização de armazéns.

Ainda segundo Ballou (2001), Hoover procurou desenvolver modelos em que buscava a minimização dos custos de transporte dentro de custos previamente conhecidos entre a fonte de matéria prima e o mercado consumidor, a partir de localizações em plano sem considerar obstáculos ao transporte. A fórmula de Hoover para a minimização do custo total de transporte (TC) é:

$$\text{Min TC} = \sum_i V_i R_i d_i$$

e pode ser interpretada como o somatório dos volumes a serem transportados (V_i), multiplicados pela taxa do transporte para enviar ao ponto de destino (R_i), multiplicado pela distância ao ponto que é o custo total do transporte (d_i). A localização é encontrada resolvendo as duas equações para coordenadas de localização. Essas coordenadas, classificam o centro de gravidade exato onde:

$\bar{X}$, $\bar{Y}$ = coordenadas da instalação localizadas

X_i, Y_i = coordenadas da fonte e da demanda

Então:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}} \qquad \bar{Y} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}$$

O d_i da distância é estimado por: $d_i = K\sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2}$ e K representa o fator de escala para converter a unidade de um índice coordenado a uma medida mais comum de distância. O processo de solução envolve:

1) Determinar as coordenadas X,Y para cada ponto de fonte e de demanda, junto com os volumes no ponto e taxas de transporte lineares.

2) Aproximar a localização inicial das fórmulas para determinar o centro de gravidade omitindo os termos de distância d_i como:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} \qquad \bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i}$$

3) Usar $\bar{X}$ e $\bar{Y}$ para calcular o d_i de acordo com a equação de d_i acima descrita.

4) Substituir di nas equações de $\bar{X}$ e $\bar{Y}$ e reescrever as mesmas para as coordenadas $\bar{X}$ e $\bar{Y}$ revisadas.

5) Recalcular di baseado nas coordenadas $\bar{X}$ e $\bar{Y}$ revisadas

6) Repetir as etapas descritas no passo 4 e 5 até que as coordenadas $\bar{X}$ e $\bar{Y}$ não mudem por sucessivas interações, ou mudem muito pouco.

7) Calcular o custo total para a melhor localização, se desejar, usando a equação inicial de TC.

Método de Hakimi (1964)

O método de Hakini (1964) é baseado na existência de um ponto mínimo em uma rede que minimiza a soma ponderada das distâncias mais curtas de todos os vértices a este ponto, e estes podem vir a ser um dos vértices da rede. Então para Hakimi,

W_i = peso associado ao vértice i

D_{ij} = distância mais curta entre os vértices i e j

n = conjunto de vértices da rede

r = um ponto qualquer da rede (podendo incluir vértices e arcos)

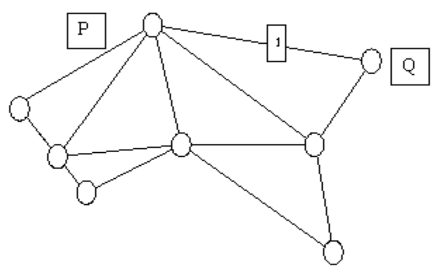
Hakimi então mostrou que:

Existe um h Є N vértices tal que $\sum_{i \in N} W_i d_{ih} \leq \sum_{i \in N} W_i d_{ir}$

Se *r* for um dos vértices, o teorema se comprova. Se r está no arco que conecta dois vértices, por exemplo *p* e *q*, então a menor distância desde o vértice *i* até o ponto *r* deverá passar pelo vértice *p* ou pelo vértice *q*, de acordo com a expressão

d_{ir}= Min $(d_{ip}+d_{pr}+d_{iq}+d_{qr})$

Ou seja, para uma rede de 8 vértices e 14 braços, como na figura abaixo, Hakini desenvolveu sua teoria baseado nas seguintes premissas:



Sejam portanto *K* = conjunto de vértices que chegam ao ponto *r* da forma mais curta pelo vértice *i* e *J* o conjunto de vértices que chegam ao ponto *r* pelo vértice *q*, portanto:

*d*kr = *d*kp + *d*pr *k* e *K*

*d*jr = *d*jq+*d*qr *j* e *J*

Assim:

$$\sum_{i \in N} W_i d_{ir} = \sum_{k \in K} W_k (d_{kp} + d_{pr}) + \sum_{j \in J} W_j (d_{jq} + d_{qr}) \qquad \textbf{(1)}$$

Suponha agora que $\sum_{k \in K} W_i \geq \sum_{j \in J} W_j$

É claro que *d*pq = *d*pr+ *d*qr => *d*q r= *d*pq - *d*pr

Então, substituindo na equação **(1)**, temos:

$$\sum_{i \in N} W_i d_{ir} = \sum_{k \in K} W_k (d_{kp} + d_{pr}) + \sum_{j \in J} W_j (d_{jq} + d_{pq} + d_{pr})$$

Sejam diq e dip (I Є N) os lados de um triângulo com a base d_{pq}, então:

$d_{iq}+d_{pq} \geq d_{ip}$ com i Є N,

substituindo essa última expressão em (2) para j Є J temos,

$$= \sum_{i \in N} W_i di_p + d_{pr} (\sum_{k \in K} w_k - \sum_{j \in J} w_j)$$

O coeficiente *d*pr é positivo, por hipótese, então :

$$\sum_{i \in N} W_i d_{ih} \leq \sum_{i \in N} W_i d_{ir}$$

3.2.1
Métodos Matemáticos Heurísticos

O problema da P-Mediana

Segundo Pizzolato (2003), o caso consiste em encontrar, para uma dada rede específica, R=(X,A) com |X| = n vértices, um subconjunto X_p onde $X_p \subset X$, com P vértices, que minimizem a expressão Z,

$$\text{MinZ} = \sum_{i \in I} W_i d_{ip} = \sum_{i \in I} W_i \sqrt{(X_i - X_p)^2 + (Y_i - Y_p)^2} \ .$$

Os *p* vértices encontrados representam os locais onde serão colocadas os pontos de serviços, ou *facilities*, de modo que a soma da demanda de todos os vértices da rede a estes *p* ponto seja a menor possível.

$\text{MinZ} = \sum_{x_i \in x} W_i d_{ip}(X_i, X_p)$, (X_i,X_p) é a distância de um ponto ao conjunto

onde, $d(X_i,X_p) = \min_{y \in Xp} = d(X_i, Y)$ W_i é o peso do vértice X.

Seja D = [d_{ij}] uma matriz simétrica (nxn) que dá uma distância mínima entre os vértices X_i e X_j. O centro de gravidade, ou a 1 – mediana, da rede R é o vértice r^1 que pertence a X tal que, para qualquer outro vértice, X_j pertence a X.

Então, para solucionar o problema vale encontrar soluções, onde:

$$\sum_{x_i \in x} W_i d(X_i, r^1) \le \sum_{x_i \in X} W_i d(X_i, X_j)$$

Pizzolato (2003) ainda classifica os seguintes algoritmos:

- **Método Hakimi** – Sugeriu uma enumeração total. Viável em pequenos problemas que consiste em escolher X_p de (n p) maneiras e assim tomar a melhor escolha.

- **Método "Guloso"** – se encontrado o problema para p=1 e p centro de gravidade seja o ponto r^1 e se essa solução r^1 seja acrescentada uma outra instalação no vértice Xq, então existe uma redução wq d(xq, r^1) no custo total, pois este torna-se zero. Assim a melhor escolha para uma 2ª solução xq seria a que reduzisse de forma mais acentuada a expressão: wq d(xq, r^1) = $\max_{x_i \in X} w_i \, d(x_i, r^1)$ e X2 = {r^1,Xq}. Para uma terceira instalação, pode-se simplesmente acrescentar o vértice Xs: Wsd(Xs,X2) $= \max_{x_i \in X} w_i\, d(x_i, X_2)$. X3 = $\{r^1$,Xq,Xs) e o método continua até se alcançar p medianas.

- **Método "Ótimo"**– Considere a solução Xp com p vértices e substitua λ por seus pontos (λ≤p) com λ vértices do resto da rede, X-Xp, para encontrar uma outra solução possível *Sp*. A solução X_p é dita λ ótima se não existir um tal conjunto que possa melhorar a solução corrente.

- **Algoritmo de Maranzana**- O algoritmo Maranzana pode não ser totalmente válido se os pesos adotados para os vértices não forem devidamente escolhidos. Em outras palavras o algoritmo pode não convergir para uma solução, devido a uma seqüência de pesos adotados para os vértices da rede. O método consiste, também, em atribuir arbitrariamente p vértices, X: $r^1,...,r^p$ e particionar todos os vértices X em p subconjuntos X1, X2,...,Xp de tal modo que $r^k \in x^k$ e $x_j \in x^k$ e seja $r_j \in x^k \Leftrightarrow d(x_j, r^k) = mim_{i=1,...,p} d(x_j, r^i)$. Determina-se o centro de gravidade de cada Xi denominado $\overline{x_i}$. Se *r*i = $\overline{x_i}$ para todos os *x*i o problema foi solucionado. Os valores *r*i e as partições de xi são as soluções procuradas. Caso contrario, faca $\overline{x_i}$ tender a *r*i e retorne a calcular o mínimo.

- **Método Teitz e Bart -** Conhecido como método de substituição de vértices. Método que sugere as seguintes etapas: selecione arbitrariamente p vértices p ou raízes {r1,r2,...,rp} para compor o conjunto Xp; particione todos os vértices de X entre os P subconjuntos X1,X2,...,Xp de tal modo que $r^k \in x^k$ e $x_i \in x^k$ se $d(x_i, r^k) = mim_{j=1,...,p} d(x_i, rj)$; em seguida, tome o par (xk,xb) onde k=1,...,p e xb = x1,...,xn com xb = {r1,...,rp} e tente substituir rk por xb no conjunto de raízes. Seja Yp=Xp – {rk} +{xb} o novo conjunto de raízes. Se $\sum_{x_i \in x} W_i d(X_i, Y_p) < \sum_{x_i \in X} W_i d(X_i, X_p)$, faça xb tender a rk e retorne a calcular o min. Caso contrário, o método termina e o conjunto de raízes *X*p é escolhido.

3.3
Métodos Exatos

Os métodos exatos referem-se àqueles procedimentos com capacidade de garantir uma solução matematicamente ótima para o problema de localização ou, pelo menos, uma solução de acurácia conhecida. Os métodos exatos exigem um grande esforço computacional para que sejam executados todos os cálculos de processamento. Segundo Pizollato (2003), a aplicação dos métodos exatos dependem de vários fatores, como a disponibilidade de recursos computacionais, o tamanho do problema que pode inviabilizar seu uso e a eventual preferência pelo emprego heurístico, que pode ser desejável quando da existência de restrições não explícitas ou preferências subjetivas.

3.3.1
Abordagem de Múltiplo Centro de Gravidade

Este método baseia-se na obtenção do melhor local para uma instalação dentro de uma rede levando-se em consideração o menor custo de transporte para a instalação intermediária localizada entre os pontos de origem e de destino. Em caso de localização múltipla, a localização por centro de gravidade exata pode ser utilizada e será encontrado um conjunto de conglomerados ótimos. Esse método baseia-se no processo computacional onde as primeiras opções obtidas devem ser re-inseridas como novos dados no programa para um novo processamento. Novas localizações por centro de gravidade podem ser encontradas para os conglomerados revisados. O processo continua até que não haja mudanças adicionais nos resultados, quando aquele conjunto de conglomerados tem o seu centro determinado.

3.3.2
Programação Linear Inteira Combinada

Segundo Ballou (2001), esse é o método mais utilizado nas localizações comerciais. Essa afirmação refere-se à possibilidade de o método permitir a inclusão de custos fixos na montagem dos dados para processamento.

O método de programação linear inteira combinada foi elaborado para a abordagem da p-mediana. Essa variação (p-mediana) é uma formulação menos complicada, menos robusta do que a formulação principal. Os pontos de demanda e oferta são localizados por meio de coordenadas. As instalações limitam-se a estar entre aqueles pontos de demanda e suprimentos. Os custos que podem afetar a localização são taxas variáveis de transporte e custos fixos anuais associados com as instalações candidatadas. O numero de instalações podem exceder a uma.

3.4
Métodos de Simulação

Um modelo de simulação de localização de instalação refere-se a uma representação matemática de um sistema logístico por demonstração algébricas e lógicas que pode ser manipuladas com a ajuda de um computador. Esse método tenta dar uma representação realística do relacionamento econômico e estatístico, o modelo de simulação é usado para avaliar o impacto de várias simulações. Os modelos são algoritmos desiguais de localização nos quais o analista ou o administrador deve especificar as instalações particulares na rede a ser avaliada.

3.4.1
Avaliação Seletiva

O método de avaliação seletiva é derivado do método de centro de gravidade. O método de centro de gravidade contabiliza custos de transporte, custos adicionais como custos fixos de estoque e instalação e podem ser adicionados para criar um custo total mais representativo com o método de avaliação seletiva. Diz-se que o método de avaliação seletiva é heurístico pois:

- Inclui algumas regras que são usadas para determinar localizações iniciais do armazém, causando menor otimização nos resultados finais.

- Os custos fixos e de estoque são adicionados aos custos de transporte após a localização do armazém estar determinada.

- A abordagem tem valor quando há um mínimo de informações disponíveis para resolver um problema de localização.

Pode-se observar, a partir destes modelos, que a variável tributária não está listada entre os principais fatores determinantes no processo de definição de localização, seja dos pontos prestadores de serviços, seja de produção ou de armazenagem. Esta constatação, de alguma forma, sugere como hipótese que os encargos tributários não impactam consideravelmente o processo decisório de localização. Resta-nos averiguar no campo, até que ponto esta hipótese mostra-se verdadeira.