

APLICAÇÃO DE FERRAMENTA GIS EM LOGÍSTICA - ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE FACILITIES

Juliana da Silva Stopa

Nagela Cristina Ferreira Dabdab

Sergio Marcio Fernandes de Souza Telles

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rua José Carlos Pace, 1083 - Jacarepaguá - Rio de Janeiro - CEP: 22.750-500

stopa@domain.com.br

ABSTRACT: The aim of logistics is to provide products or services at the right time and place and at the condition desired. Structure a logistic system, with warehouses, transport route, inventory levels and procedures for processing orders, is a problem related to the strategic planning. One of the first issues that have to be analyzed at strategic planning of a logistic system is the warehouses site location. The Geographic Information System is a tool that has been being used at logistics application of site location problems. Through geographic information's, it is possible to determine the number and the very best location of facilities and others strategic sites in the supply chain.

The work developed focuses the site location of warehouses for an American company that is beginning its operations at the Brazilian market, and that intend to establish an industrial unit in Brazil to deliver products for 116 clients at the whole country.

Two models were developed: at the first one only Rio de Janeiro and São Paulo could be chosen to site the warehouse; and at the second one, every city could do so. As new warehouses were being introduced at the analysis, the variation of transportation costs between all the alternatives were calculated. The total costs of transportation were obtained for models with one until six different warehouses. At the end, we made some considerations about other costs that have to be considered and its influence at the company's profitability.

KEYWORDS: GIS, site location, logistic

RESUMO: Fazer com que bens ou serviços corretos cheguem no instante e lugar exatos e na condição desejada é o objetivo da logística. Montar o sistema logístico, com armazéns, rotas de transporte, níveis de estoque e procedimentos para processar pedidos, é um problema do planejamento estratégico. O problema de localização dos depósitos e centrais de distribuição é um

dos primeiros pontos a tratar no planejamento estratégico de um sistema logístico. Dentre as aplicações do GIS na logística, o *site location* vem se destacando. Através de dados e informações geográficas é possível determinar a melhor localização de *facilities* e outros pontos estratégicos na cadeia logística.

O projeto desenvolvido trata do estudo da localização de depósitos para uma empresa multinacional que planeja instalar uma unidade industrial no Brasil e distribuir seus produtos para 116 clientes distribuídos pelo país.

Foram desenvolvidos dois modelos: o primeiro deles levou em consideração apenas os municípios do Rio de Janeiro e de São Paulo como candidatos a *facilities*; e o segundo considerou qualquer dos municípios brasileiros como candidato e avaliou a variação do custo de transporte quando novos depósitos foram sendo acrescentados na rede de distribuição. Como resultados, obtivemos os custos totais de transporte para modelos de um até seis *facilities*. Ao final, fazemos algumas considerações sobre a apuração dos custos totais de distribuição e seu impacto na lucratividade da empresa.

1. INTRODUÇÃO

A conjuntura de alta competitividade na qual grande parte das empresas brasileiras estão inseridas vem exigindo ações que permitam sua sobrevivência em uma perspectiva de longo prazo. A guerra de preços e a pressão por redução de custos são fatores que exigem que as empresas busquem otimizar suas operações, ganhando em eficiência sem perda de qualidade de serviço. Nesse contexto, além da produção, a forma de distribuição de produtos vem adquirindo importância.

A teoria de marketing proposta por E. Jerome Mc Carthy, ressalta a importância de quatro pontos fundamentais para a colocação do produto no mercado, conhecidos como os 4 P's do marketing: produto, preço, ponto e promoção. A identificação do local para a distribuição do produto tem grande influência no mercado que estará sendo atingido e no nível de serviço que pretende-se adotar.

2. LOCALIZAÇÃO DE FACILITIES

Fazer com que bens ou serviços corretos cheguem no instante e lugar exatos e na condição desejada é o objetivo da logística. O profissional da área traduz esse objetivo numa série de decisões, algumas delas tomadas de modo pouco freqüente (estratégicas) e outras que podem ocorrer até várias vezes por dia (operacionais).

Montar o sistema logístico, com armazéns, rotas de transporte, níveis de estoque e procedimentos para processar pedidos, é um problema do planejamento estratégico. A localização das *facilities* determina em grande parte o ponto de entrega, o tempo para repor os estoques nos depósitos e os fluxos que vão passar em cada armazém. Por isso, o problema de localização dos depósitos e centrais de distribuição é um dos primeiros pontos a tratar no planejamento estratégico de um sistema logístico.

Chase e Alchilano identificaram algumas questões importantes no planejamento estratégico das empresas e na localização de *facilities*:

- Proximidade dos consumidores;
- Possibilidade de obtenção de vantagens fiscais associadas à região;
- Custos totais associados, incluindo imóvel, taxas, impostos, construção e mão-de-obra;
- Infra-estrutura local de vias, transportes aéreo e marítimo;
- Nível educacional e habilidades da mão-de-obra;
- Nível e competitividade dos fornecedores;
- Presença de outros centros distribuidores da mesma empresa;
- A localização em zona aduaneira;
- A probabilidade de transformações no local e riscos políticos associados;
- Barreiras governamentais e culturais;
- Blocos de países e oportunidades advindas destas relações;
- Impactos ambientais;
- Aprovação da comunidade local;
- Vantagens competitivas.

Para o estudo da localização de *facilities* várias tecnologias vêm sendo utilizadas. Uma importante

ferramenta que merece destaque é o Sistema de Informações Geográficas (SIG), ou GIS (Geographic Information System), que é um sistema que relaciona informações espaciais a bancos de dados na forma de textos, tabelas e fotografias. O conteúdo dos bancos de dados varia de acordo com a aplicação e permite formar mapas temáticos de uma determinada região.

Dentre as aplicações do GIS na logística, o *site location* vem se destacando. Através de informações como densidade populacional, níveis de consumo, proximidade a rodovias e outros modais de transporte e posicionamento dos consumidores, é possível determinar a melhor localização para depósitos, centros de distribuição ou fábricas, por exemplo.

A ferramenta GIS nasceu na Suécia, embora os primeiros a utilizá-los tenham sido Canadá e Estados Unidos, nos anos 70, em aplicações ambientais e urbanas, respectivamente. No Brasil, a utilização de GIS iniciou-se com aplicações no setor público na localização e gestão de redes elétricas, água, esgoto, telefone e sistema de transporte. Com o fim da lei da informática que impedia o acesso aos programas e equipamentos, o GIS passou a ter diversas aplicações no setor privado.

O presente trabalho tem por objetivo a utilização da ferramenta GIS para determinar a localização de depósitos em função dos custos de transporte para a distribuição de produtos a partir de uma unidade industrial. Para isso, foi utilizado o software TransCAD, da Caliper Corporation.

3. ESTUDO DE CASO

O projeto desenvolvido trata do estudo da localização de depósitos para uma empresa multinacional que planeja instalar uma unidade industrial no Brasil e distribuir seus produtos para uma rede de 116 clientes, sendo estes grandes redes de supermercados, e distribuidoras locais.

A determinação da localização de depósitos depende basicamente do ponto de suprimento e dos pontos de demanda. Portanto, é importante mapear onde encontram-se todos os clientes e o fabricante dos produtos. Acordos entre a empresa multinacional e os fabricantes do país determinaram a localização da unidade industrial na cidade de Campinas-SP, que fica a aproximadamente 100km por rodovia de São Paulo. O perfil da localização dos clientes também foi traçado e encontra-se no gráfico 1 a seguir.

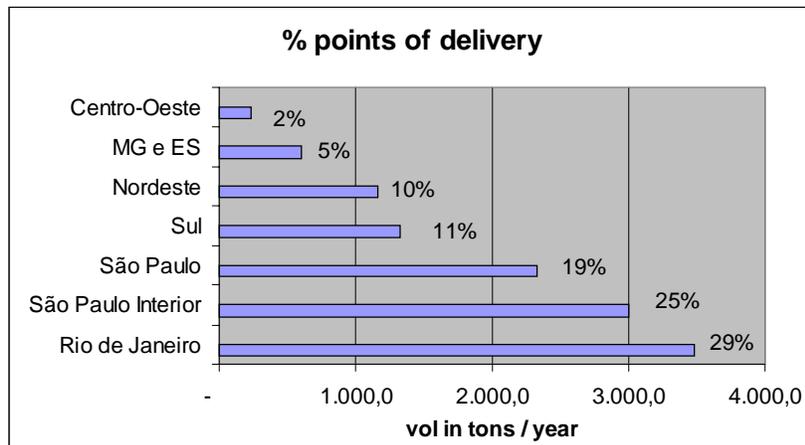


Gráfico 1 - Perfil dos clientes

A empresa responsável pelo marketing desenvolveu um planejamento para inserção no mercado, no qual foram projetados os volumes para cada cliente entre out/1999 e set/2000. Neste período, previu-se uma curva de vendas alternada com tendência ao equilíbrio nos últimos meses. Portanto, o mês utilizado como base para o estudo foi setembro de 2000, quando há a previsão da venda de 723 toneladas de produto.

Como dado de entrada, foi utilizada uma tabela de fretes obtida junto a transportadoras que apresenta o custo do transporte a partir das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo para todos os pontos de venda.

4. METODOLOGIA UTILIZADA

Para o cálculo dos melhores locais para a colocação dos armazéns de distribuição (que o programa chama de *facility*), há necessidade de algumas adaptações. A seguir, estão listados os dados necessários:

- Como candidatos a *facility* foram considerados todos os municípios brasileiros, segundo o IBGE em 1994. São 4.481 municípios que estão representados pelo ponto central de sua área, geograficamente denominado *centróide*. Esta base foi desenvolvida pelo IME – Instituto Militar de Engenharia, e adquirida pela UFRJ por troca de dados entre as instituições, que é livre.
- Os 116 clientes foram inseridos em uma base cartográfica, com a precisão mínima do limite dos municípios. Em geral, a localização pôde ser bem aproximada por consulta ao Guia Brasil 4

Rodas/99, da Editora Abril, que contém o mapa das principais cidades do Brasil. Os clientes cujos endereços não foram localizados foram inseridos próximos ao centróide do município a que pertencem. Por outro lado, para alguns clientes que atuam como distribuidores para mercados de menor porte, localizados no interior de alguns Estados, não obtivemos a exata localização. Neste caso, estes distribuidores foram inseridos próximo ao centróide do principal município da respectiva região, ou no município de melhor posição para distribuição.

- Com relação ao banco de dados, o TransCAD permite, através de colunas-chave, a associação de tabelas em DbaseIV (possíveis de serem criadas no Microsoft Excel ou Access) com as bases cartográficas. Além disso, as próprias bases possuem bancos de dados que, a princípio, contém dados relativos à localização geográfica dos pontos, linhas ou áreas, onde podem ser inseridos quaisquer dados associados à entidade.
- O programa pode produzir matrizes de distâncias automaticamente. Há duas maneiras de fazê-lo: em linha reta ou utilizando uma rede matemática que simule algum meio de acesso (rodoviário, hidroviário, ferroviário, metroviário ou multimodal), através de uma base cartográfica de linhas conectadas entre si e aos pontos de interesse. Devido à precariedade das bases de rodovias existentes, foram utilizadas distâncias lineares para este projeto. Está em andamento o aperfeiçoamento da base de rodovias brasileiras, o que possibilitará alcançar resultados mais precisos, já que grande parte dos estudos desta natureza levam em consideração as distâncias em linha reta ou distâncias de rodovias incorretas e não as distâncias reais.
- Para permitir a associação de todos os dados utilizados na modelagem (volumes, distâncias e custos de fretes), com o apoio do Microsoft Excel, foi criado um fator que pondera o custo de frete para cada ponto de entrega, a distância percorrida e o volume transportado. Este fator, chamado de E, pode ser descrito pela seguinte fórmula:

$$E = \frac{\text{Custo frete}(R\$)}{\text{volume}(t) \times \text{distância}(km)}$$

5. MODELAGEM

Para a localização de *facilities* foram desenvolvidos dois modelos. O primeiro deles levou em consideração apenas os municípios do Rio de Janeiro e de São Paulo como candidatos a *facilities*. Isto porque no Rio de Janeiro encontra-se a sede da empresa multinacional e estes dois municípios

concentram a maioria do mercado consumidor para os produtos da empresa. O segundo modelo considerou qualquer dos municípios brasileiros como candidato e avaliou a variação do custo de transporte quando novos depósitos foram sendo acrescentados na rede de distribuição.

5.1. CANDIDATOS: RIO DE JANEIRO E SÃO PAULO

Neste modelo, a matriz de distâncias em linha reta do Rio de Janeiro e de São Paulo para os clientes foi multiplicada pelos fatores E de cada cliente para cada candidato. Este é um artifício para que o programa retorne um valor de custo em moeda, pois o procedimento de cálculo pondera pelo volume transportado. Se não associasse E à matriz de distâncias, o programa retornaria como custo a distância média percorrida por tonelada. Na verdade, E representa a ponderação dos preços dos fretes, visando uma melhor aproximação da realidade do sistema.

O diagrama 1 apresenta o modelo da cadeia de distribuição considerado.

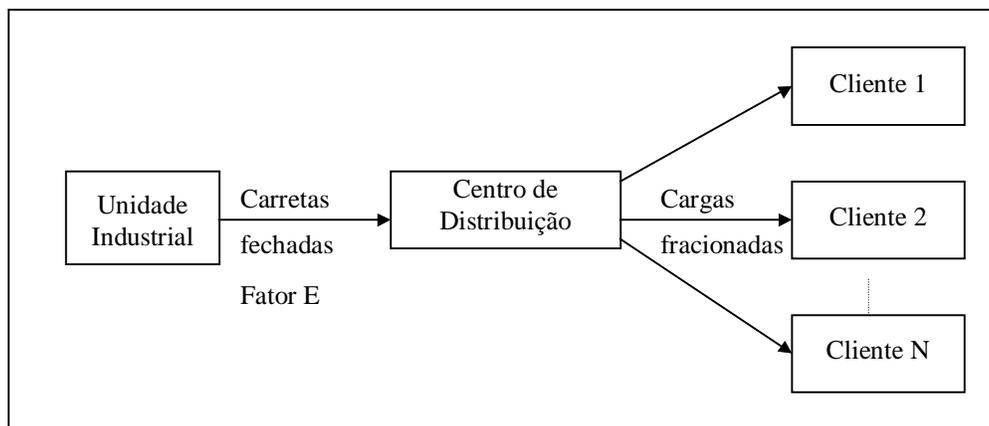


Diagrama 1 - Modelo RJ / SP

O custo de frete de carretas fechadas de Campinas para Rio e São Paulo foi considerado a partir da tabela das transportadoras, equivalente a R\$1.100,00 e R\$600,00 por carreta, respectivamente.

Para o mês de setembro/2000, o número de carretas responsáveis pelo transporte da fábrica ao depósito foi de 37, considerando-se carretas fechadas de 20 toneladas. Atribuindo o valor do frete ao volume transportado e às distâncias, foi obtido um fator E de R\$ 0,154 /ton.km para o Rio de Janeiro e R\$ 0,319 /ton.km para São Paulo. Conclui-se que este fator é inversamente proporcional à distância percorrida.

Como resposta, o programa indicou São Paulo como o melhor local para instalação de um depósito. O critério decisivo foi o custo de transporte total para os 116 clientes, que foi menor em São Paulo.

Os dados, para setembro/2000, foram os seguintes:

Facility	São Paulo - SP
Clientes atendidos	116
Volume Total Transportado	723,1 toneladas
Custo Total	R\$114.923,45
Custo Médio por Tonelada	R\$ 158,93 /tonelada
Distância Média Percorrida ¹	645,38 km
Fator E médio	R\$ 0,246/ton.km

Tabela 1 - Modelo RJ / SP

5.2. CANDIDATOS: QUALQUER MUNICÍPIO BRASILEIRO

O diagrama 2 apresenta o modelo da cadeia de distribuição considerado.

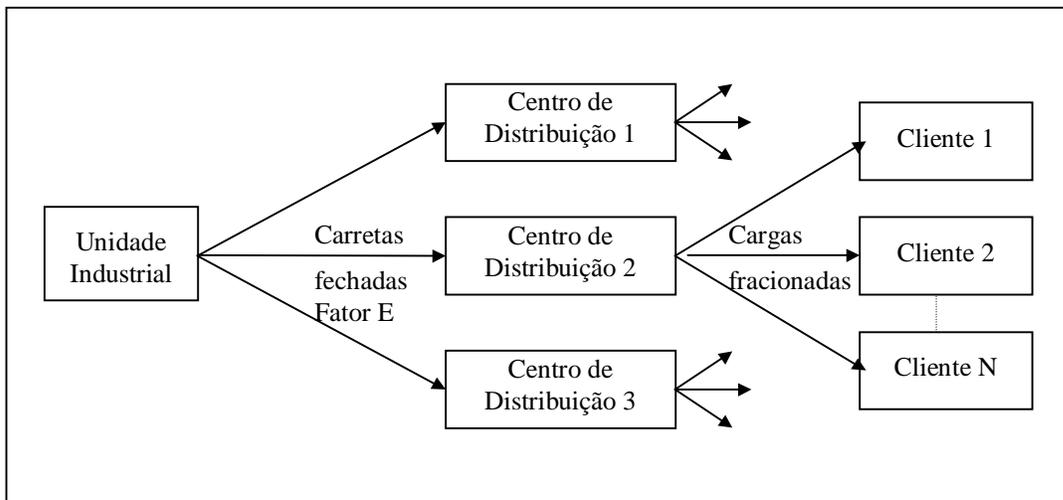


Diagrama 2 - Modelo para todos os municípios

Neste caso, o fator E será determinado em função da tabela de transportadoras de São Paulo para as cidades disponíveis, com relação às distâncias em linha reta dadas pelo sistema. Pretende-se com isso, classificar as distâncias por bandas (arcos ao redor do ponto de interesse), e a cada área estará relacionado um fator E comum a todos estes pontos.

É importante ressaltar que o custo de frete não está relacionado somente a distâncias, mas também considera depreciação do material rodante (basicamente, condição do piso do trajeto e despesas fixas), pedágios, combustíveis, tempo efetivo de viagem e custos fixos, entre outros. O quadro a

seguir apresenta os fatores E de cada cidade para São Paulo, em função da distância e dos fretes cobrados pelas transportadoras consultadas para cargas fechadas.

Cidade	Frete SP-Carreta (R\$)	Dist Linha Reta (km)	Fator E (R\$/ton.km)
São Paulo	490,00	28,28	0,866
Jundiaí	550,00	57,00	0,482
Campinas	600,00	96,17	0,312
Ribeirão Preto	830,00	289,31	0,143
Bauru	900,00	295,70	0,152
Rio de Janeiro	950,00	333,83	0,142
São J. do Rio Preto	1.000,00	425,27	0,118
Cabo Frio	1.100,00	483,02	0,114
Presidente Prudente	1.150,00	514,88	0,112
Belo Horizonte	1.200,00	500,94	0,120
Florianópolis	1.370,00	474,20	0,144
Goiânia	1.600,00	824,27	0,097
Brasília	1.800,00	884,54	0,102
Porto Alegre	1.950,00	844,25	0,115
Salvador	3.500,00	1.475,18	0,119
Recife	4.300,00	2.137,81	0,101
Natal	4.500,00	2.330,27	0,097
Fortaleza	4.800,00	2.376,19	0,101

Tabela 2: Dados referentes aos deslocamentos partindo da cidade de São Paulo

Analisando a tabela 2, é possível criar uma relação entre o fator E das cidades e suas distâncias para São Paulo. Pode-se então repartir em faixas de distância, e calcular um fator E comum à cada faixa. As únicas exceções ficam para Florianópolis, Porto Alegre e Salvador, que foram desprezadas destas médias. O motivo para esta discrepância está no fato da distância em linha reta ser muito inferior à distância rodoviária. Nas duas primeiras cidades, a reta que é traçada passa pelo mar, enquanto que de São Paulo para Salvador esta linha atravessa cadeias de montanhas em Minas Gerais. Consideradas estas condições, a tabela de fatores E e suas faixas de distâncias se encontram na tabela abaixo:

Faixas (km)	Fator E (R\$/ton.km)	Representantes
0 a 40	0,866	São Paulo
40 a 80	0,482	Jundiaí
80 a 200	0,312	Campinas
200 a 400	0,146	Ribeirão Preto, Bauru e Rio de Janeiro
400 a 800	0,116	São José do Rio Preto, Cabo Frio, Presidente Prudente e Belo Horizonte
Acima de 800	0,099	Goiânia, Brasília, Recife, Natal e Fortaleza

Tabela 3 - Faixas de distâncias e seus fatores E correspondentes

No mapa abaixo (mapa 1), relacionamos as faixas de distâncias a partir da cidade de São Paulo com as unidades federativas e suas capitais.



Mapa 1 – Faixas de distâncias definidas a partir de São Paulo

Estes fatores E, assim como já fora feito no modelo Rio - São Paulo, serão aplicados na matriz de distâncias em linha reta partindo de Campinas para cada município brasileiro. Analisando os fatores

E aplicados, não serão esperados *facilities* numa faixa acima de 200km da cidade de Campinas, pois é mais barato entregar diretamente da unidade industrial ao cliente do que passando por um centro de distribuição tão próximo. Já nos casos em que um conjunto de clientes em uma região limítrofe entre duas faixas, é esperado que uma cidade na faixa superior seja escolhida, já que o fator E aplicado a ela é menor ao dos municípios da faixa inferior.

Executada a simulação para o mês de setembro/2000, foram encontrados os valores de 1 até 6 *facilities*. Não estão sendo apresentadas análises para mais de seis depósitos, visto que o aumento deste número está diretamente relacionado ao aumento dos custos administrativos e da necessidade de um gerenciamento mais efetivo. As tabelas a seguir apresentam os custos associados a cada configuração da cadeia de distribuição.

Facility	Campinas - SP
Clientes atendidos	116
Volume Total Transportado	723,1 toneladas
Custo Total	R\$ 92.091,19
Custo Médio por Tonelada	R\$ 127,36 /tonelada
Distância Média Percorrida	545,29 km
Fator E médio	R\$ 0,234/ton.km

Tabela 4 - Modelagem 1 facility

Facilities	Campinas - SP	Feira de Santana - BA
Clientes atendidos	108	8
Volume Total Transportado	622,7 toneladas	100,4 toneladas
Custo Total	R\$ 47.017,58	R\$ 27.290,29
Custo Médio por Tonelada	R\$ 75,51 /tonelada	R\$ 271,82 /tonelada
Distância Média Percorrida	323,29 km	2.003,23 km
Fator E médio	R\$ 0,234/ton.km	R\$ 0,136/ton.km

Tabela 5 - Modelagem 2 facilities

Facilities	Campinas - SP	Feira de Santana - BA	Niterói - RJ
Clientes atendidos	75	8	33
Volume Total Transportado	461,7 toneladas	100,4 toneladas	161,0 toneladas
Custo Total	R\$ 31.523,58	R\$ 27.290,29	R\$ 9.307,13
Custo Médio por Tonelada	R\$ 68,28 /tonelada	R\$ 271,82 /tonelada	R\$ 57,81 /tonelada
Distância Média Percorrida	292,34 km	2.003,23 km	454,21 km
Fator E médio	R\$ 0,234/ton.km	R\$ 0,136/ton.km	R\$ 0,127/ton.km

Tabela 6 - Modelagem 3 facilities

Facilities	Campinas - SP	Conceição do Jacuípe - BA	Niterói - RJ	São Benedito - CE
Clientes atendidos	75	6	33	2
Volume Total Transportado	461,7 toneladas	63,4 toneladas	161,0 toneladas	37,0 toneladas
Custo Total	R\$ 31.523,58	R\$ 13.745,04	R\$ 9.307,13	R\$ 8.226,07
Custo Médio por Tonelada	R\$ 68,28 /tonelada	R\$ 216,80 /tonelada	R\$ 57,81 /tonelada	R\$ 222,33 /tonelada
Distância Média Percorrida	292,34 km	1.769,65 km	454,21 km	2.212,12 km
Fator E médio	R\$ 0,234/ton.km	R\$ 0,123/ton.km	R\$ 0,127/ton.km	R\$ 0,101/ton.km

Tabela 7 - Modelagem 4 facilities

Facilities	Campinas - SP	Conceição do Jacuípe - BA	Niterói - RJ	São Benedito - CE	Flores da Cunha - RS
Clientes atendidos	72	6	33	2	3
Volume T. Transportado	418,5 ton.	63,4 ton.	161,0 ton.	37,0 ton.	43,2 ton.
Custo Total	R\$ 23.372,70	R\$ 13.745,04	R\$ 9.307,13	R\$ 8.226,07	R\$ 3.660,91
Custo M. por Tonelada	R\$ 55,85 /ton.	R\$ 216,80 /ton.	R\$ 57,81 /ton.	R\$ 222,33 /ton.	R\$ 84,74 /ton.
Distância M. Percorrida	239,13 km	1.769,65 km	454,21 km	2.212,12 km	823,84 km
Fator E médio	R\$ 0,234/ton.km	R\$ 0,123/ton.km	R\$ 0,127/ton.km	R\$ 0,101/ton.km	R\$ 0,103/ton.km

Tabela 8 - Modelagem 5 facilities

Facilities	Campinas - SP	São Gonçalo dos Campos - BA	Niterói - RJ	São Benedito - CE	Flores da Cunha - RS	Recife - PE
Clientes atendidos	72	3	33	2	3	3
Volume T. Transportado	418,5 ton.	33,6 ton.	161,0 ton.	37,0 ton.	43,2 ton.	29,8 ton.
Custo Total	R\$ 23.372,70	R\$ 4.951,80	R\$ 9.307,13	R\$ 8.226,07	R\$ 3.660,91	R\$ 6.235,35
Custo M. por Tonelada	R\$ 55,85 /ton.	R\$ 147,38 /ton.	R\$ 57,81 /ton.	R\$ 222,33 /ton.	R\$ 84,74 /ton.	R\$ 209,24 /ton.
Distância M. Percorrida	239,13 km	1.459,06 km	454,21 km	2.212,12 km	823,84 km	2.099,57 km
Fator E médio	R\$0,234/t.km	R\$0,101/t.km	R\$0,127/t.km	R\$0,101/t.km	R\$0,103/t.km	R\$0,100/t.km

Tabela 9 - Modelagem 6 facilities

As análises foram executadas até que se apontasse uma saturação, com total impossibilidade de melhorias. Isto ocorreu para 18 *facilities*, apresentadas a seguir (do sul para o norte do país):

Localização das <i>Facilities</i>	Clientes atendidos	Volume Total Transportado	Custo Médio por Tonelada
Flores da Cunha – RS	3	43,2 ton.	R\$ 84,74 /ton.
Blumenau – SC	1	28,9 ton.	R\$ 57,48 /ton.
Contenda – PR	4	31,4 ton.	R\$ 53,91 /ton.
Caiabú – SP	3	25,5 ton.	R\$ 55,06 /ton.
Bauru – SP	3	24,9 ton.	R\$ 33,27 /ton.
Campinas – SP	43	153,0 ton.	R\$ 18,90 /ton.
Dumont – SP	8	108,9 ton.	R\$ 34,01 /ton.
Itaguaí – RJ	2	20,6 ton.	R\$ 55,91 /ton.
Niterói – RJ	23	95,0 ton.	R\$ 52,61 /ton.
São Gonçalo – RJ	3	18,2 ton.	R\$ 50,20 /ton.
Nova Friburgo – RJ	2	10,5 ton.	R\$ 58,33 /ton.
São Pedro D’Aldeia – RJ	1	8,2 ton.	R\$ 59,38 /ton.
Campos dos Goitacazes – RJ	2	8,5 ton.	R\$ 71,83 /ton.
Belo Horizonte – MG	4	41,8 ton.	R\$ 53,94 /ton.
Corumbá de Goiás – GO	6	4,1 ton.	R\$ 169,74 /ton.
São Gonçalo dos Campos – BA	3	33,6 ton.	R\$ 147,38 /ton.
Recife – PE	3	29,8 ton.	R\$ 209,24 /ton.
São Benedito – CE	2	37,0 ton.	R\$ 222,33 /ton.

Tabela 10 - Modelo todos os municípios - saturação

Percebe-se que, devido à distância longa, os *facilities* do Nordeste atingiram saturação logo no início. Nos demais casos, cada grupo de clientes foi atendido por uma cidade principal de uma região. Das cidades que apareceram nesta análise, uma merece uma atenção especial: Dumont-SP, próxima a Ribeirão Preto, que apareceu como o 9º *facility*, com 14 clientes, distribuindo 113 toneladas, e com custo médio de R\$ 38,94 /tonelada. Este *facility* atende à região do Norte/Noroeste do Estado de São Paulo, além do Triângulo Mineiro, Goiás e Distrito Federal. Apesar de não representar uma economia significativa para o sistema atual, é de uma importância estratégica, pois fica situada na região com a maior renda per capita do país, com taxas de crescimento demográfico muito acima da média nacional, ou seja, uma área com extremo potencial de crescimento de consumo.

Já no caso do Nordeste, o ideal é que se considere apenas Feira de Santana – BA. O custo de transporte para este *facility* é significativamente superior e, por isso, um aumento do preço final do produto não deveria ser descartado para os clientes atendidos por este centro. Outras alternativas

podem ser estudadas, como a inclusão destes pontos na carteira de clientes somente após os primeiros anos de operação, quando o *break-even point* já terá sido possivelmente atingido ou até a própria exclusão destes clientes. Outra alternativa remota a ser considerada é a possibilidade de implantação de uma unidade industrial de menor porte nesta região para atender a demanda local.

No Estado do Rio de Janeiro, a cidade de Niterói se apresentou como solução para o atendimento dos 33 clientes deste estado, do Espírito Santo e do Sul de Minas Gerais. Porém, esta escolha teve a influência decisiva no fato de sua distância ser acima de 400km para Campinas, o que provocou um fator E inferior ao de outros municípios mais propensos a serem escolhidos, como São João de Meriti, Duque de Caxias ou a própria capital. Um estudo localizado apontaria o local ideal.

No mesmo caso encontra-se Flores da Cunha – RS, sendo que este município localiza-se no limite superior da faixa dos 800 km de distância de Campinas. Flores da Cunha é vizinha a Caxias do Sul que, segundo a posição dos clientes, seria a teoricamente escolhida. Para o sul do país, o ideal é que se estude uma alternativa de um centro de distribuição, possivelmente no Paraná, com capacidade de atender a esta região e ao Mercosul, que se tornou mercado potencial para as indústrias instaladas no país, devido ao câmbio atual. O oitavo *facility*, apontado para Contenda-PR (Região Metropolitana de Curitiba, também escolhida por estar acima da faixa de 400km de distância de Campinas), atende a 5 clientes dos estados do Paraná (exceto o Norte) e Santa Catarina, com 60,3 toneladas e custo médio de R\$ 65,47/tonelada. Um estudo mais detalhado poderia contemplar o isolamento desta região do sistema total, e encontrar o local ideal para a instalação de um centro de distribuição.

6. DISCUSSÃO DO *TRADE-OFF* TRANSPORTE VS. ARMAZENAGEM

A discussão da questão de número ótimo de *facilities* está baseada no *trade-off* existente entre os custos de transporte e de armazenagem. Conforme pôde ser constatado na modelagem apresentada, à medida em que o número de *facilities* vai sendo aumentado, o custo total para transportar os produtos da fábrica até o depósito e daí para os cliente é reduzido. Por outro lado, quanto mais depósitos a empresa tiver, maiores os custos fixos, quando os mesmos são de propriedade da empresa. Uma modalidade comum de cobrança de armazenagem, verificada junto a armazéns do Rio de Janeiro e de São Paulo, é praticada por armazenadores terceirizados, que cobram

exclusivamente pelo volume movimentado (quantidade de caminhões, *pallets*, cargas e/ou descargas) e pela área ocupada, em m². Desta maneira, a empresa que contrata este tipo de serviço não arca com o custo fixo de manter um armazém próprio, e conseqüentemente, não há custos adicionais para cada novo armazém, mas exclusivamente pela armazenagem e movimentação. Por outro lado, o aumento do número de depósitos torna a gerência da distribuição mais complexa, uma vez que a dispersão exige maiores esforços de coordenação por parte da empresa. Além disso, há necessidade de manter representantes da empresa em todos os centros de distribuição, o que aumenta os custos administrativos.

7. CONCLUSÕES

A partir da utilização da ferramenta GIS para o estudo de localização de depósitos, foi possível avaliar a cadeia de distribuição sob dois aspectos: escolhendo a melhor dentre duas cidades pré-estabelecidas e não impondo restrições com relação à cidade onde o(s) depósito(s) deveria(m) ser localizado(s). A determinação do número ideal de depósitos não foi o objetivo deste estudo. Aqui pretendemos calcular os custos de transporte, que constituem uma etapa para o dimensionamento do número ótimo de depósitos para a distribuição de produtos manufaturados, juntamente com os custos de armazenagem e administrativos / gerenciais.

O primeiro modelo obteve como resultado a determinação da cidade de São Paulo como o melhor ponto para a localização de um depósito, quando comparado somente com a possibilidade de localização no Rio de Janeiro. O segundo modelo considerou a possibilidade de localização de 1 até 6 depósitos em qualquer município brasileiro. O município de Campinas - SP foi selecionado como a primeira opção em todas as análises. Isto ocorreu em decorrência da fábrica estar localizada em Campinas e a maioria dos clientes no Rio de Janeiro e São Paulo. Ganhos ainda maiores podem ser alcançados com a localização do depósito de Campinas na própria unidade industrial. Isto porque a parcela de transporte *inbound* (da fábrica até o depósito) seria nula, minimizando ainda mais o custo total de transporte. O gráfico 2 apresentado a seguir mostra o comportamento do custo total de transporte em função do aumento do número de depósitos.

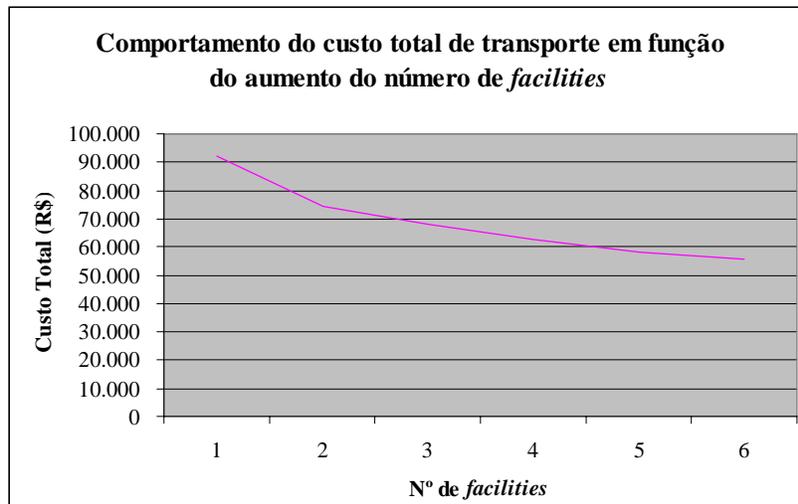


Gráfico 2 - Variação do custo total de transporte

As análises não se limitaram a seis depósitos. Foram feitas simulações até que os custos totais de transporte não sofressem alteração significativa. Esta saturação foi obtida para 18 depósitos.

Após a determinação da localização dos depósitos com a utilização da ferramenta GIS, um aperfeiçoamento conveniente seria considerar na análise fatores como incentivos fiscais/governamentais, impostos, renda per capita da região, disponibilidade de modais de transporte, custos de armazenagem por metro quadrado, disponibilidade e condições impostas por armazéns terceirizados. Um outro importante fator que deve ser considerado é o nível de serviço e o tipo de atendimento que a empresa deseja oferecer a seus clientes. Sendo assim, deveriam ser feitas análises direcionadas aos depósitos localizados muito próximos ou para a determinação do local exato dentro do município selecionado, levando-se em consideração fatores como proximidades a rodovias, disponibilidade e custo de armazéns de terceiros ou de terrenos para a construção de depósitos próprios.

Em linha gerais pretendemos com este estudo apresentar a potencialidade da ferramenta GIS no que se refere à apuração dos custos de transporte. Melhorias ainda podem ser implementadas à medida em que aperfeiçoamentos forem feitos nas bases de dados disponíveis. A determinação de distâncias entre dois pontos através das vias reais de acesso em vez da distância em linha reta, e outros aperfeiçoamentos podem permitir avaliações cada vez mais precisas para questões logísticas.

Um estudo que poderia dar prosseguimento ao apresentado incluiria um levantamento dos custos de armazenagem e administrativos, que seriam incorporados aos custos de transporte para a determinação do número ótimo de *facilities*.

8. BIBLIOGRAFIA

BALLOU, Ronald H.. *Logística Empresarial*. Editora Atlas, 1ª edição, 1993.

ROSS, David F.. *Distribution Planning and Control*. Editora Chapman & Hall, p. 544 a 552, 1995.

CHASE, Richard B., AQUILANO, Nicholas J.. *Production and Operations Management*. P. 372 a 395, 1993.

KEIWORD, C., HEALEY, M.. *Using GIS for Invironmental Management of Multiple Facilities*, Pollution Engineering. August 01, 1996.

O GIS da Questão, Revista Tecnológica. Outubro, 1996.

LEAL, Marcus A.. *Localização de depósitos: um modelo de análise aplicado ao setor de distribuição de combustíveis*. Tese Coppead, 1995.

¹ Distância média ponderada por volume