

LOCALIZAÇÃO DE DEPÓSITOS DE DISTRIBUIÇÃO COM USO DE UM *SOFTWARE* DE OTIMIZAÇÃO

Gilberto Jun Misawa ¹
Gustavo Alejandro Pierini ²

Resumo: Depósitos ou centros de distribuição de uma cadeia logística corretamente localizados conseguem reduzir os custos de distribuição e simultaneamente aumentar os níveis de serviço da cadeia (o que aparentemente é paradoxal). A redução de custos geralmente ocorre através de uma redução no número de depósitos, mas em algumas situações a melhor solução indica uma relocação dos depósitos existentes e/ou até um aumento no número de depósitos. A localização otimizada de depósitos de distribuição é um problema complexo, com inúmeras variáveis e soluções possíveis. O número de soluções possíveis (espaço de soluções) é suficientemente extenso para inibir o desenvolvimento de soluções heurísticas sem o apoio de uma ferramenta especializada. O uso de um *software* específico, que utiliza algoritmos de otimização e GIS (mapas digitais), possibilita que os executivos tomem decisões considerando um cenário ótimo. O uso da ferramenta permite análises de cenários alternativos, que levam em conta a viabilidade de implantação, a factibilidade financeira e as necessidades comerciais, mostrando sempre o custo incorrido em relação ao cenário ótimo. Este trabalho aborda os conceitos teóricos que envolvem a localização de depósitos, e a aplicação de um *software* especializado para solução deste tipo de problema.

Palavras-chave: localização, depósitos, centros de distribuição

XXIII Seminário de Logística - Internacional

16 a 18 de junho de 2004

Belo Horizonte - MG

¹ Sócio - Gradus Consultoria de Gestão

² Sócio - Gradus Consultoria de Gestão

INTRODUÇÃO

A competitividade crescente da maioria dos mercados exige das empresas e de suas cadeias logísticas, que incluem seus fornecedores, operadores logísticos, distribuidores e representantes, níveis de serviço cada vez maiores e custos cada vez menores. Um elo dos mais importantes desta cadeia é composto pelos depósitos ou centros de distribuição, posicionados entre as plantas industriais e os clientes finais. Os depósitos de distribuição são utilizados para: 1) aproximar os produtos dos clientes finais, provendo um nível de serviço adequado (qualidade do produto e prazo de entrega); 2) reduzir os custos logísticos de transporte e armazenagem (ao servir como ponto de transbordo); 3) permitir a composição de cargas mistas (compondo produtos de origens diferentes para um mesmo cliente); e 4) reduzir os custos financeiros de armazenagem, ao concentrar estoques em um único ponto, reduzindo os estoques em lojas ou pontos de distribuição dispersos geograficamente.

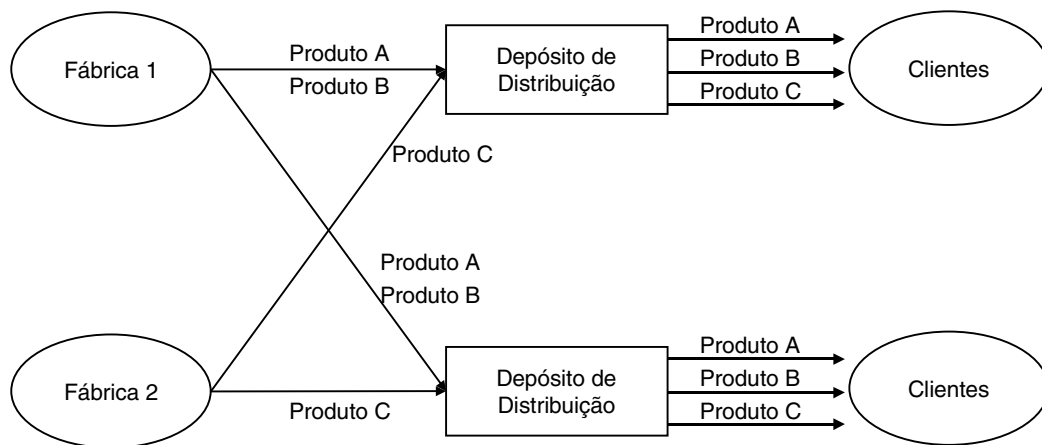


Fig.1 - Posicionamento dos depósitos na cadeia logística

É claro que a localização do depósito, ou dos depósitos, é de fundamental importância. A localização do depósito define em última instância o custo de distribuição, e pode limitar o nível de serviço da cadeia logística. É necessário considerar também que uma vez que o depósito começa a operar, o custo de mudar sua localização para um local melhor pode ser proibitivo.

Ao analisarmos o problema da localização dos depósitos, surgem uma série de questões relativas à cadeia logística:

Manufatura e alocação da produção - quais fábricas devem ser utilizadas, quais produtos e quanto deve ser produzido em cada uma, etc.?

Depósitos - quantos, onde devem estar localizados, qual tamanho, e quais produtos eles devem estocar? Devem ser depósitos centrais ou regionais, etc.?

Estoque - onde os estoques devem ser posicionados, quais são as quantidades, como os produtos de baixo giro e alto giro devem ser tratados, etc.?

Transporte - qual será o fluxo de produtos entre as fábricas, depósitos e clientes, qual será o mix ideal da frota em cada estágio da cadeia, etc.?

Para entendermos a complexidade do problema, precisamos entender os custos envolvidos: o custo de transporte entre as fábricas e os depósitos, o custo de armazenagem, o custo da estrutura de administração do depósito, o custo de entrega do produto aos clientes. Cada um destes custos têm parcelas fixas e variáveis, e uma série de parâmetros envolvidos (tempos de deslocamento, carga e descarga, capacidade dos veículos, custos unitários, custo do capital empregado, entre outros).

Existem alguns algoritmos utilizados para resolução do problema da localização ótima de depósitos. Esses algoritmos podem ser modelados *ad hoc*, para cada tipo de produto e cadeia logística. Entretanto, os modelos *ad hoc* não consideram a complexidade da malha viária e rotas de entrega com múltiplos pontos de parada. Certamente estas simplificações acabam resultando em custos adicionais se comparados aos de uma solução otimizada. Além disso, em geral carecem de uma ferramenta de visualização dos resultados e dependem da pessoa que os construiu ou programou, dificultando a expansão e a criação de cenários alternativos.

O uso de um *software* específico, que utiliza algoritmos de otimização e GIS (mapas digitais), possibilita que os executivos envolvidos tomem decisões considerando um cenário ótimo. *Softwares* integrados consideram todos os elementos da cadeia (desde a alocação da produção entre as fábricas até o mix da frota de entrega) e todas as relações de custo-benefício para chegar em uma solução ótima. Geralmente a melhor solução resulta de análises de cenários alternativos a partir da solução ótima, que levam em conta a viabilidade de implantação, a factibilidade financeira e as necessidades comerciais, mostrando sempre o custo incorrido em relação ao cenário ótimo.

RESULTADOS ESPERADOS

Em todos os tipos de indústria, empresas que se utilizam deste tipo de ferramenta estratégica para planejar sua cadeia logística obtêm vários benefícios: custos menores de produção, melhor localização e custo operacional dos depósitos, redução de estoques, redução no custo de transporte e melhorias no nível de serviço prestado.

Temos observado que os custos logísticos são reduzidos de 7% a 15%, dependendo da rede logística atual. Além dos custos logísticos, as distâncias médias percorridas podem ser reduzidas em 20 a 30%, traduzindo-se em um melhor tempo de resposta aos clientes. A ocupação dos caminhões pode ser melhorada em 10% a 15%, melhorando a produtividade de toda a operação.

MODELO CONCEITUAL

Para entendermos o problema da localização dos depósitos, precisamos desenvolver um modelo conceitual com os custos envolvidos e os fatores que afetam estes custos. Como mencionado anteriormente, os custos envolvidos são:

- o custo de transporte entre as fábricas e os depósitos,
- o custo de armazenagem e administração dos depósitos,

- o custo de entrega do produto aos clientes.

Nos parágrafos seguintes, vamos analisar cada um destes custos e como eles são afetados pela localização e pelo número de depósitos de distribuição.

Custo de transporte entre as fábricas e os depósitos

O custo do transporte entre as fábricas e depósitos é composto normalmente pelo frete, seja em caminhões seja em outro tipo de transporte. Em geral é realizado com cargas fechadas, em grandes lotes e veículos de maior capacidade, como carretas, *containers* e vagões ferroviários.

Este custo é composto por:

- uma parte fixa, composta pelo salário e encargos dos motoristas e pelos custos relativos ao veículo (depreciação, impostos, seguros e capital empregado)
- uma parte variável dependente das distâncias percorridas, composta pelo custo de combustível e custos de manutenção (filtros, lubrificantes, pneus, etc.)
- uma parte variável dependente do número de viagens realizadas (pedágios, seguros de carga, taxas de carga e descarga)

Custo de armazenagem e administração dos depósitos

O custo de armazenagem é composto pelo custo da estrutura física do depósito, pelo custo de movimentação dos produtos, pelo custo do capital empregado nos estoques e pelo custo de administração de cada depósito.

- O custo da estrutura física do depósito é geralmente um custo fixo, composto pela depreciação e custo de capital do depósito (se ele for próprio) ou pelo custo do aluguel do depósito, impostos, segurança e custos de infraestrutura (como água, luz, linhas de transmissão de dados)
- O custo de movimentação dos produtos, por sua vez, tem uma parte fixa (custo fixo dos equipamentos de movimentação, como empilhadeiras, salários e encargos dos auxiliares, conferentes, supervisores de pátio, etc) e uma parte variável (combustível dos equipamentos)
- O custo de capital empregado nos estoques é variável, em função dos volumes estocados nos depósitos.
- O custo de administração de cada depósito é geralmente fixo, composto pelo custo do pessoal administrativo (faturamento, informática e sistemas, RH) e pelas despesas administrativas comuns em um escritório.

Custo de entrega do produto aos clientes

O custo de entrega do produto aos clientes é composto pelos custos operacionais da frota de entrega, normalmente composta por caminhões e/ou outros veículos leves.

Se os veículos forem próprios, seu custo é composto por:

- uma parte fixa, composta pelo salário e encargos dos motoristas e ajudantes, e pelos custos relativos ao veículo (depreciação, impostos, seguros e capital empregado)

- uma parte variável dependente das distâncias percorridas, composta pelo custo de combustível e custos de manutenção (filtros, lubrificantes, pneus, etc.)

Veículos de entrega podem ter diversas capacidades de carga, e quanto maior a sua capacidade, menores serão os custos por unidade entregue. Entretanto, se a multiplicação do volume a ser entregue em cada cliente e do número de entregas em uma viagem resultar em um volume reduzido em relação à capacidade do caminhão, é mais adequado escolher um veículo de menor capacidade. O volume entregue em cada cliente pode variar dependendo da região atendida, e o número de entregas pode variar dependendo das distâncias percorridas. Com todos estes fatores, o custo de entrega é, em geral, o mais difícil de modelar.

A influência da localização e do número de depósitos nos custos

Cada um dos custos acima descritos é influenciado pela localização e pelo número de depósitos de forma diferente.

O custo de transporte entre as fábricas e depósitos em geral independe do número de depósitos, mas varia em função das distâncias entre as fábricas e depósitos.

O custo de armazenagem depende do número de depósitos. Quanto maior o número de depósitos, maior é o custo de armazenagem, pois os custos fixos de operação de cada depósito se somam ao custo total.

O custo de entrega em geral diminui com o número de depósitos. Um número maior de depósitos pressupõe uma maior proximidade dos clientes, reduzindo o custo de entrega.

Estes efeitos estão demonstrados na figura abaixo:

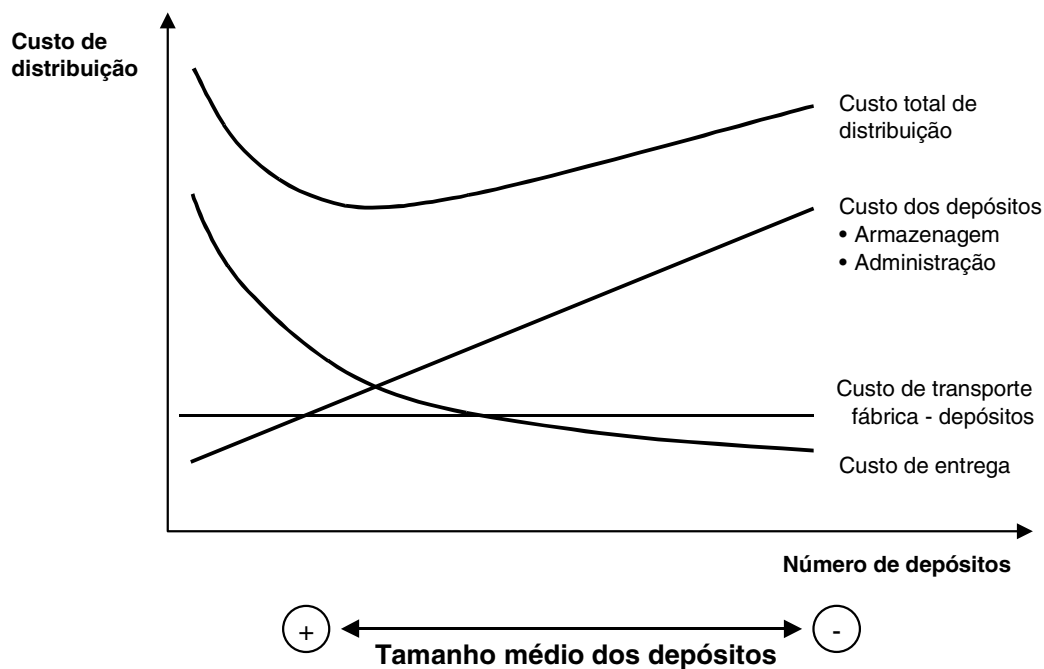


Fig.2 - Influência do número de depósitos no custo de distribuição

O gráfico acima indica que deve existir um número ótimo de depósitos, que minimize o custo total de distribuição. Entretanto, a questão da localização dos depósitos não se resume ao número de depósitos. Para se resolver o problema completo, é necessário definir também a localização de cada depósito e a área de atendimento de cada um deles. Como existem inúmeras opções para a localização dos depósitos, é muito difícil definir a melhor localização sem o apoio de algum tipo de algoritmo ou ferramenta. E mesmo que a melhor localização seja definida, ainda assim é importante definir as áreas de atendimento de forma a minimizar os custos de entrega.

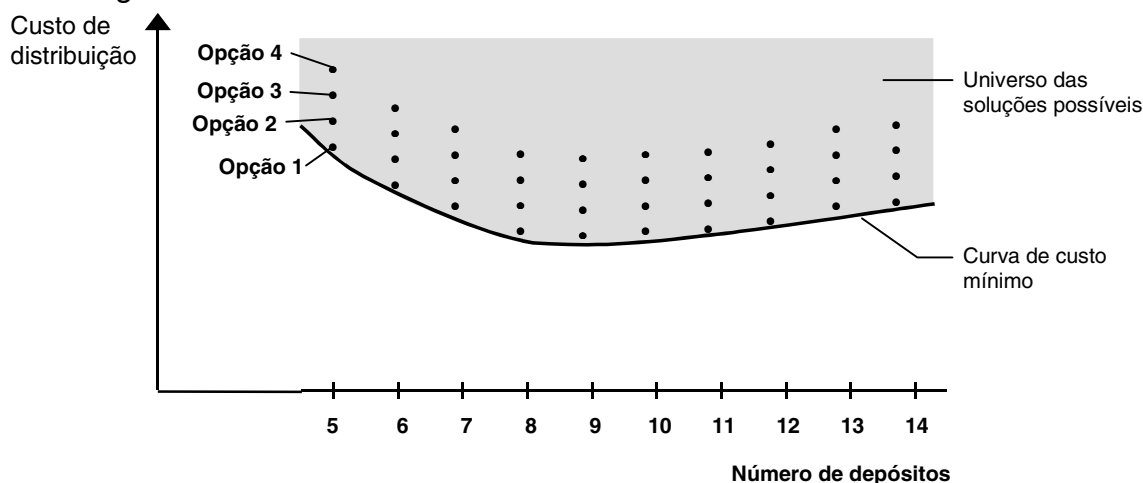


Fig. 3 - Universo de soluções possíveis

Como mostra a figura acima, existem inúmeras soluções sub-ótimas que à primeira vista podem parecer razoáveis. De fato, inúmeras empresas optam por confiar no bom senso e no conhecimento de seus executivos para definir a melhor configuração logística. Em geral, estas empresas acabam por abrir mão de uma série de outras soluções de menor custo e maior nível de serviço.

DEFINIÇÃO DE CENTROS DE GRAVIDADE (CG)

Um método simples que pode ser utilizado para localização de depósitos é a definição dos "centros de gravidade". Cada cliente se converte em um ponto, com uma "massa" proporcional à sua demanda, ponderada pelo custo de frete para atender a este cliente. A melhor localização para um depósito que atenderia estes clientes seria o "centro de gravidade" de todos os pontos assim definidos:

Determinação das Coordenadas Lineares do CG

$$X_{CG} = \left(\sum_{i=1..N} V_i \cdot F_i \cdot X_i \right) / \left(\sum_{i=1..N} V_i \cdot F_i \right)$$

$$Y_{CG} = \left(\sum_{i=1..N} V_i \cdot F_i \cdot Y_i \right) / \left(\sum_{i=1..N} V_i \cdot F_i \right)$$

Onde:

V é o volume associado com determinada fábrica ou ponto de consumo;

F é o frete associado ao ponto em valor monetário por unidade de volume e por unidade de distância;

X_i e Y_i são as coordenadas lineares de cada uma das fábricas ou pontos de consumo;

N é o número de fábricas ou pontos de consumo;

X_{CG} e Y_{CG} são as coordenadas lineares do centro de gravidade.

O exemplo a seguir ilustra o cálculo do CG para uma fábrica que serve dois mercados principais a partir de um depósito que deve ser localizado

Pontos	Descrição	Volume (ton)	Frete (\$ / ton x km)	X_i	Y_i	$V_i.F_i.X_i$	$V_i.F_i$	$V_i.F_i.Y_i$	$V_i.F_i$
		[V_i]	[F_i]						
1	Fábrica	100.000	0,50	3	5	150.000	50.000	250.000	50.000
2	Mercado M1	60.000	0,75	1	1	45.000	45.000	45.000	45.000
3	Mercado M2	40.000	0,75	5	1	150.000	30.000	30.000	30.000
CG	Centro de Gravidade					345.000	125.000	325.000	125.000
						$X_{cg} =$	2,76	$X_{cg} =$	2,60

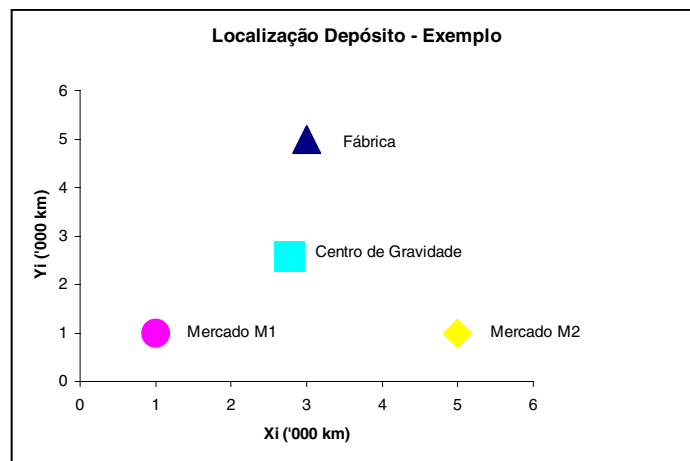


Fig.4 – Exemplo de localização pelo método do Centro de Gravidade

Como podemos perceber, o método contém uma série de simplificações. Não seria recomendada a sua utilização em casos complexos, ou com custos elevados envolvidos.

USO DE UM SOFTWARE ESPECÍFICO

A solução para o problema da localização de depósitos pode ser significativamente melhorada com o uso de programas especializados. Os principais fabricantes de *software* de logística em geral oferecem produtos que solucionam com maior ou menor grau de precisão este tipo de problema. A precisão será maior à medida da sofisticação do algoritmo empregado. Como mencionamos anteriormente, o custo mais difícil de ser modelado é o custo de entrega. O algoritmo deve considerar corretamente os diversos veículos disponíveis e o número máximo de entregas que cada veículo pode fazer, considerando as distâncias até os clientes, o tamanho médio da entrega de cada cliente, e a capacidade de cada veículo.

O *software* utilizado para desenvolver os exemplos que ilustram este trabalho, por exemplo, utiliza um algoritmo denominado *pseudo-roteirização*, que considera o custo de entrega para cada cliente corretamente, alocando o conjunto veículo-depósito mais adequado para o atendimento de uma região.

Para que a solução seja ótima, ou próxima do ótimo, é importante também que o *software* não apenas teste cenários, como também desenvolva cenários ótimos com

1 ou mais depósitos. Para tanto, o programa deve conter algoritmos ou heurísticas robustas de otimização.

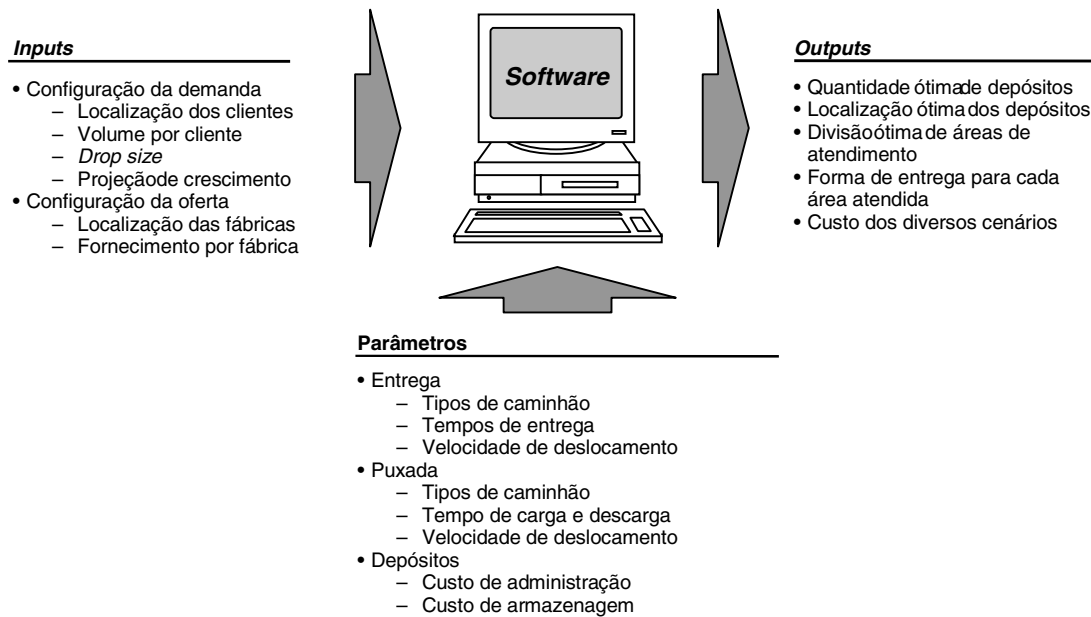


Fig.5 - *Inputs*, parâmetros e *outputs* típicos de um modelo de otimização

Com todos estes requerimentos, é importante que o *software* se utilize de bases de dados integradas. Dentre estas bases, a mais importante talvez seja a base de informações geográficas (GIS, ou *Geographic Information System*). *Softwares* com este tipo de base de dados são mais robustos, pois a base é utilizada para se calcular os custos de transporte e de entrega. Com este tipo de facilidade, as soluções e cenários testados podem ser mostrados visualmente, facilitando a análise e a decisão final ("uma imagem vale mais do que mil palavras").

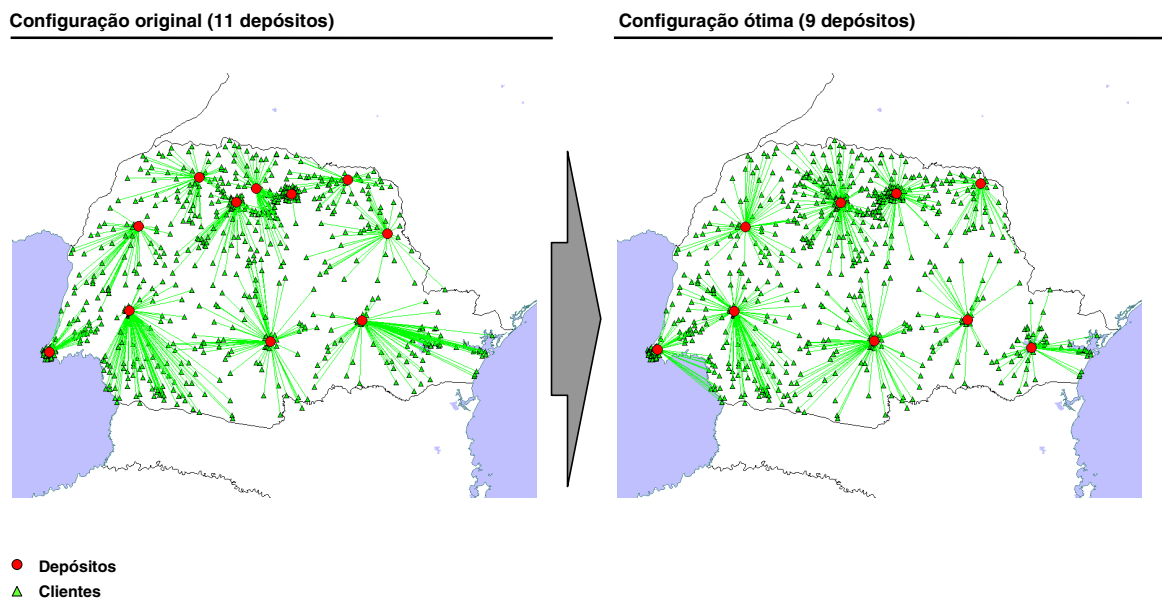


Fig.6 - Exemplo de visualização de cenários

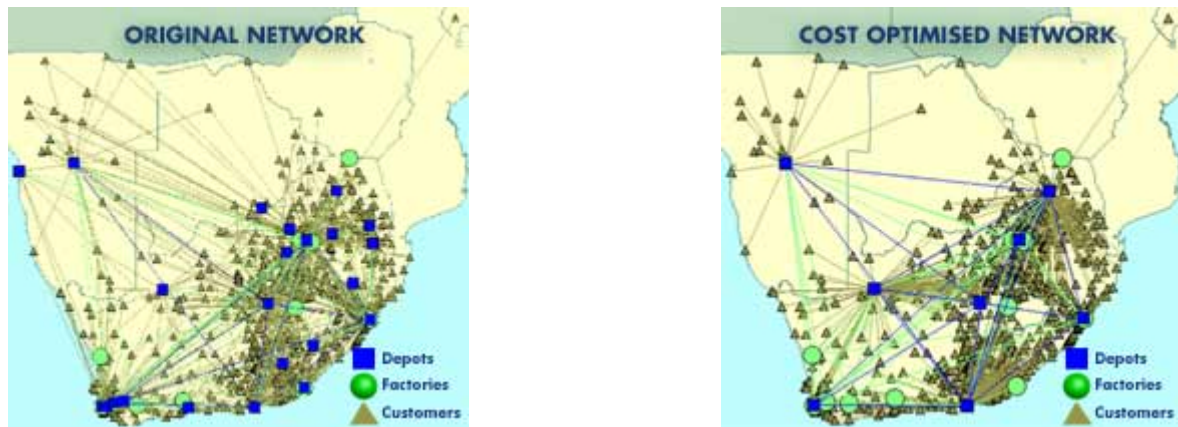


Fig.7 - Exemplo de visualização de cenários, com todas as ligações

Para concluir, estes *softwares* devem ter relatórios exaustivos que mostrem em detalhe os dados de cada solução/cenário testado. Números como o custo de cada operação, o mix da frota, sua ocupação, a alocação da produção, o dimensionamento dos depósitos (área, número de empilhadeiras, número de funcionários), nível de estoque, distâncias percorridas, etc.. são fundamentais para analisar os resultados e tomar as decisões corretas.

O uso de ferramentas sofisticadas certamente aumenta o custo do projeto de localização dos depósitos. Entretanto, podem ser obtidas soluções com custos de distribuição 5 a 15% mais baixos que soluções obtidas com algoritmos menos sofisticados.

CONCLUSÃO

O uso de um *software* específico, que utiliza algoritmos de otimização e GIS (mapas digitais), possibilita que os executivos tomem decisões considerando um cenário ótimo. A ferramenta também permite que os profissionais envolvidos testem cenários alternativos, cujo custo e níveis de serviço obtidos podem ser comparados com o cenário ótimo. Os ganhos em custo situam-se na faixa de 7 a 15%, com outros ganhos operacionais (maior proximidade do cliente, melhor ocupação dos veículos). Desta forma, pesando os custos adicionais contra os benefícios nem sempre tangíveis (necessidades políticas, jurídicas e de mercado), a empresa pode tomar as decisões mais adequadas ao seu negócio.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Ballou, R.H., **Logística Empresarial**, Editora Atlas, São Paulo, SP, 1993.

LOCATION OF DISTRIBUTION DEPOTS USING AN OPTIMIZATION SOFTWARE

Gilberto Jun Misawa ¹
Gustavo Alejandro Pierini ²

Summary: Distribution depots or centers of a supply chain strategically localized can reduce distribution costs and raise the service levels at the same time (which seems paradoxical). The cost reduction usually derives from a reduction in the number of depots, but in some situations the best solution indicates a relocation of the current depots and/or an increase in the number of depots. The optimized location of distribution depots is a complex problem, with many variables and possible solutions. The number of possible solutions (space of solutions) is extensive enough to inhibit the development of solutions without the support of a specialized tool. If we consider the complexity of multi-modal networks, any solution that is not based in a robust analytical tool might incur in additional costs. The use of a specialized *software*, that uses optimization algorithms and digital maps, allows executives to make decisions considering an optimized scenario. The use of a tool allow the analysis of alternative scenarios, that consider practical and financial feasibility as well as commercial needs, always showing the incremental costs against an optimized solution. This text describe some of the theories and concepts applied in this kind of problem, and the application of a specialized *software* to solve it.

Key words: location, depots, distribution centers

XXIII Seminário de Logística - Internacional
June 16 – 18, 2004
Belo Horizonte - MG

¹ Partner- Gradus Consultoria de Gestão

² Partner - Gradus Consultoria de Gestão