
UM MODELO MATEMÁTICO DE DECISÕES ESTRATÉGICAS PARA A LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS

Arnaldo R. A. Vallim Filho*
Takato Kurihara*

Resumo

Este artigo estuda o problema logístico de canais de distribuição. Especificamente, procura analisar a conveniência de uso de uma estratégia de distribuição direta de produtos para zonas de demanda, em oposição à alternativa de fazê-lo através de um centro de distribuição. O foco da pesquisa é o desenvolvimento de uma abordagem matemática para o problema construindo um modelo para identificar as relações existentes que irão permitir a simulação de diferentes cenários futuros e, assim, visualizar as melhores soluções em cada caso.

Abstract

This paper studies the logistical problem of distribution channels. The question here is whether is better to distribute products directly to the demands zones or to do it through a distribution center. The aim of the research is to develop a mathematical approach to the problem, developing a model to identify the existing relationships in order to allow the simulation of different scenarios and this way, to visualize the better solutions in each case.

* Faculdade de Computação e Informática da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mails: aavallim@mackenzie.com.br e takato@mackenzie.com.br.

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa busca focar dentro de uma cadeia logística as estratégias relativas a canais de distribuição de produtos. Especificamente, procura estudar o processo de decisão entre o uso de um canal de distribuição direta ou de um canal de distribuição via centro de distribuição (CD). O trabalho irá desenvolver uma metodologia que integre e relacione os aspectos mais relevantes da logística industrial, como: o transporte, a distribuição e a armazenagem de produtos, tendo como resultado o desenvolvimento de um modelo matemático de apoio a este tipo de decisão.

O modelo irá desenvolver relações entre variáveis ambientais e operacionais logísticas e os resultados desta operação, possibilitando, assim, prever a influência relativa destas variáveis nos resultados. Tem-se, portanto, com esta pesquisa a construção de um modelo apto a fornecer respostas para *questões estratégicas* fundamentais que se colocam ao se tomar estas decisões, tais como:

- Quais as variáveis e seus níveis correspondentes, que levam a uma decisão pela instalação de CDs?
- Especificamente, quais os níveis de demanda que justificam esta instalação?
- Como variações em preços e/ou *mix* de produtos afetam esta demanda?
- Qual o impacto de impostos e/ou custos regionais na escolha do canal de distribuição e qual a sua relação com os outros fatores?
- Quais as relações entre os custos de diferentes opções operacionais, como operadores logísticos, revendedores e/ou franqueados, com os outros fatores envolvidos na questão?

O modelo deve, portanto, estabelecer as representações matemáticas que caracterizam essas relações, e a partir daí gerar indicadores, como resultados de custos, demandas mínimas etc., que permitam a decisão pela opção mais indicada.

Na próxima seção faz-se uma revisão bibliográfica do assunto e em seguida desenvolve-se esta modelagem matemática. Na Seção 4 apresenta-se uma aplicação prática do modelo e ao final tem-se um conjunto de conclusões sobre os resultados do estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem alguns textos importantes que enfocam o problema analisado nesta pesquisa e que são revistos a seguir.

O texto de Hall¹ pode ser considerado um padrão para a análise de distribuição de produtos, no que tange à escolha entre distribuição direta e distribuição via CD. O padrão operacional analisado pelo autor tem as seguintes características: muitas origens e poucos destinos; cada origem embarca *commodities* diferentes para cada destino; existe um único terminal; os custos através das ligações entre origens, terminal e destinos são côncavos; e capacidades das ligações são ilimitadas.

O autor analisa uma rede de M origens e N destinos, decompondo-a em M sub-redes – estabelece uma origem para N destinos e, depois, generaliza suas conclusões para a rede completa. As análises de custos são baseadas no trabalho anterior de Blumenfeld et al², considerado um modelo de análise dos *trade-offs* entre os componentes de custos logísticos e dos padrões de comportamento destes custos conforme o tipo de operação.

Hall³ apresenta ainda neste outro trabalho uma comparação de estratégias para o roteamento de produtos através de terminais intermediários. O artigo avalia estratégias com um e dois terminais: roteamento por um único terminal com os produtos passando primeiro por um terminal próximo à origem do embarque ou por um terminal próximo ao destino da carga; e roteamento por dois terminais. A partir daí algumas estratégias são definidas para análise – a eficiência das estratégias é avaliada com base na habilidade de consolidação de carga. Segundo esse princípio, o autor desenvolve toda uma metodologia de análise e de apoio a este tipo de decisão estratégica.

Já o trabalho de Blumenfeld et al² é um clássico sobre a questão de custos logísticos e continua atualíssimo, sendo citado sempre que a questão é estudada. Os autores analisam toda a composição de custos e suas variações para dois tipos de embarque – embarque direto para os destinos e embarque via terminal. Para cada um desses casos são analisados: embarque de uma origem para um destino; embarque de várias origens para um destino; embarque de uma origem para vários destinos; e embarque de várias origens para vários destinos. Inúmeras análises são efetuadas, demonstrando como os custos totais variam à medida que ocorrem variações nos fatores envolvidos no processo. O trabalho estabelece uma equação fundamental que relaciona os custos logísticos com as principais variáveis envolvidas na questão. É esse equacionamento que possibilita uma ampla análise de sensibilidade envolvendo todos os fatores considerados no problema.

Ballou⁴ apresenta aquele que é provavelmente o mais completo texto sobre planejamento logístico, pois é o único que realmente descreve aspectos mais detalhados das técnicas a empregar nas várias fases de planejamento. Ele apresenta uma detalhada análise dos custos logísticos e que basicamente devem incluir os seguintes componentes: transportes; armazenagem e movimentação; estoques em armazém; estoque em trânsito; vendas perdidas e avarias; e administração. O autor dedica ainda capí-

tulos inteiros a cada uma dessas atividades logísticas, analisando os seus vários aspectos operacionais e os custos envolvidos.

Novaes⁵ é o único autor brasileiro que procura apresentar um detalhamento mais amplo sobre o ferramental matemático disponível para planejamento logístico. Estudando o problema macrológico, Novaes analisa especificamente a questão central da presente pesquisa, que é a distribuição direta *versus* distribuição via um centro de distribuição. Uma interessante análise é desenvolvida mostrando uma curva de transição que pode ser construída. Essa curva apresenta, para diferentes valores de mercadorias, o fluxo crítico de transição entre distribuição direta e distribuição via centro de distribuição. Novaes apresenta ainda vários outros aspectos associados ao planejamento logístico, mas que não estão, porém, diretamente ligados à presente pesquisa. Entre esses são avaliados tópicos como: dimensionamento e *layout* de terminais, localização de centros de distribuição, roteirização etc.

3 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM MATEMÁTICA

O modelo de análise adotado neste trabalho tomará por base o conjunto de custos logísticos da operação. Assim, uma operação via centro de distribuição (CD) será justificada se o custo logístico global da operação apresentar uma redução. Como a instalação de um CD implica no mínimo um aumento de custos de armazenagem (custos de instalação e de equipamentos), além de outros custos que também tendem a crescer (estoques, por exemplo), então o uso de CDs deve se justificar pela identificação de reduções em outros custos ou em aumentos de receita gerados por esta estratégia.

A metodologia pode ser resumida em três passos principais:

- Passo 1 – Estimativa do custo logístico global.
- Passo 2 – Previsão dos *trade-offs* de custos logísticos.
- Passo 3 – Determinação do ponto de equilíbrio para viabilização de CDs.

3.1 Passo 1 – composição e cálculo custo logístico global

Os principais componentes do custo logístico global, descritos por Ballou⁴, são: (a) estoques em armazém e em trânsito, (b) armazenagem e movimentação, (c) transporte e distribuição, e (d) vendas perdidas.

3.1.1 Passo 1a – custos logísticos: estoques

Custos de estoques são os *custos de oportunidade* do capital que está investido em estoque. São custos financeiros computados através de formulações já bem definidas em matemática financeira, Fabrycky⁶ e Adler⁷.

A idéia do custo de oportunidade é que quando um capital encontra-se parado (sem aplicação financeira), essa quantia só será recebida em uma data futura e, assim, perde-se a oportunidade do investimento. Representa no fundo o valor do tempo em que a quantia não está disponível para aplicação. A Equação (1) representa o cálculo do capital investido em estoque para uma taxa *i* de juros:

$$1 \quad C_{fn} = V_e \cdot [(1 + i)^{t_p} - 1]$$

Onde: C_{fn} = custo financeiro de estoque após t_p períodos; e V_e = valor investido em estoque e t_p que representa o tempo de permanência em estoque é calculado através da Equação (2) a seguir.

$$2 \quad t_p = t_e + t_v + t_a \cdot a_t$$

Onde:

t_p = tempo de permanência do produto em estoque (dias)

t_e = tempo em estoque no armazém (dias)

t_v = tempo em viagem (dias)

t_a = tempo de atraso (dias)

a_t = proporção de entregas com

A essa parcela principal do custo financeiro podem-se acrescentar outros custos gerados pelo estoque, tais como: seguros de estoque; obsolescência de produtos; perdas por faltas e/ou avarias; e outras taxas.

O custo de estoque final será a soma de todos estes itens, conforme a Equação (3).

$$3 \quad C_{est} = C_{fn} + O_{est}$$

onde O_{est} = outros custos de estoques, englobando seguros, obsolescência, perdas etc.

3.1.2 Passo 1b – custos logísticos: armazenagem e movimentação de materiais

Autores como Ballou⁴ e Moura⁸, apresentam a composição dos custos de armazenagem e movimentação de materiais, que basicamente pode ser subdividida em imóveis, com custo de depreciação e de capital de imóveis próprios e aluguéis de imó-

veis de terceiros; equipamentos, com custo de depreciação e custo de capital investido; administração e pessoal operacional.

Segundo Fabrycky⁶ e Adler⁷, a depreciação pode ser calculada por meio da Equação (5):

$$D_p = [(1 - i_r) \cdot V_{inv}] / V_u$$

onde:

D_p = depreciação média mensal (R\$)

i_r = índice residual de instalações/equipamentos

V_{inv} = valor investido em instalações/equipamentos (R\$)

V_u = vida útil das instalações/equipamentos (meses)

Utilizando-se a Equação (1), agora para o valor investido em equipamentos e fazendo-se $t_p=1$ mês, tem-se a Equação (5) a ser usada no cálculo do custo de capital empregado em armazenagem (C_{fn}):

$$C_{fn} = V_{inv} \cdot [(1 + i_m) - 1]$$

onde i_m = taxa mensal de juros.

O custo de armazenagem final será a soma dos itens b_1 a b_4 :

$$C_{arm} = D_{pi} + D_{pe} + C_{fni} + C_{fne} + O_{arm}$$

onde:

C_{arm} = custo unitário de armazenagem

D_{pi} = depreciação média mensal de imóveis de armazenagem

D_{pe} = depreciação média mensal de equipamentos de armazenagem

C_{fni} = custo de capital empregado em imóveis para armazenagem

C_{fne} = custo de capital empregado em equipamentos de armazenagem

O_{arm} = outros custos de armazenagem referentes à administração e pessoal

3.1.3 Passo 1c – custos logísticos: transporte e distribuição

A operação de transporte e distribuição pode ser feita com uma frota própria de veículos e, conseqüentemente, os custos corresponderão aos veículos dessa frota ou então pode ser desenvolvida com a contratação de terceiros (empresas de transporte) e, nesse caso, os custos irão corresponder a um frete pago a essas empresas. Nesta seção serão analisados apenas os custos de frota própria, pois no caso de terceiros a questão é trivial.

Estes custos são montados a partir de uma planilha para cada tipo de veículo empregado na operação. Na planilha são estimados os custos operacionais fixos e variáveis dos veículos envolvidos, com base em metodologia sugerida pela Associação Nacional das Empresas de Transportes Rodoviários de Carga (NTC)⁹ em obra que estabelece os padrões do setor rodoviário nacional para o seu sistema tarifário.

Além da NTC⁹, a bibliografia de transportes e logística apresenta em vários textos uma metodologia de cálculo dos custos fixos e variáveis de um veículo. Para este trabalho foram assim, consultadas outras fontes que de uma maneira geral expõem a mesma metodologia básica. Esse é o caso da Mercedes Benz¹⁰ que apresenta um caso completo de cômputo dos custos de veículos com todo o detalhamento de cada uma de suas etapas. O Ministério dos Transportes¹¹ (1996) mostra o procedimento de cálculo para tarifas de ônibus urbanos, que segue o mesmo padrão de veículos de carga, exceto ao final em que nesse caso é feita uma totalização de custos rateada entre os usuários pagantes do sistema. Esse custo total é o custo quilométrico multiplicado pela quilometragem rodada, sendo o custo quilométrico, por sua vez, igual à soma de custos fixos e variáveis. Novaes & Alvarenga¹² e Novaes, Valente & Passaglia¹³ também apresentam exemplos de cálculos de custos operacionais cuja metodologia segue o mesmo princípio básico de subdividi-los em fixos e variáveis.

Os componentes de custos fixos e variáveis de transporte e distribuição são: custo de capital investido no veículo; salário de motorista; salários de ajudantes fixos no veículo; salários de oficina própria; reposição do veículo (depreciação); reposição de carroceria/semi-reboque; licenciamento e IPVA; seguro do veículo; seguro de carroceria/semi-reboque; seguro de responsabilidade civil facultativa. E os componentes de custos variáveis são: peças, acessórios e material de manutenção; combustível; lubrificantes; lavagens e graxas; pneus e recauchutagens.

3.1.4 Passo 1d – custos logísticos: vendas perdidas

Vendas perdidas são custos correspondentes a receitas que não se concretizaram em virtude de falhas logísticas. Essas perdas em geral estão associadas a questões do tipo: cortes em pedidos, devido a faltas em estoque; cancelamentos de pedidos, devido a atendimento insatisfatório; devoluções, devido a erros de pedidos; atrasos em entregas, devido a falhas de distribuição.

O custo unitário de vendas perdidas (V_{pd}) pode ser calculado através da Equação (7):

$$V_{pd} = P_u \cdot I_{VP} \cdot M_{LM}$$

Onde:

P_u = preço unitário do produto
 I_{VP} = índice de vendas perdidas
 M_{LM} = margem líquida para receitas marginais

3.2 Passos 2 e 3 – *trade-offs* e ponto de equilíbrio para viabilização de CDs

Neste passo, devem-se determinar as condições necessárias que iriam justificar o uso de CDs. O uso de CDs como centros armazenadores de produtos deve-se justificar por aumento de receita ou por reduções em alguns itens de custos. A soma dessas duas parcelas deve superar eventuais aumentos de outros itens de custos. São os chamados *trade-offs* de custos – um dos pontos principais de uma análise logística e que correspondem ao Passo 2 desta metodologia. Uma vez determinadas essas duas parcelas, identifica-se o ponto de equilíbrio, que corresponde à demanda mínima necessária para equilibrar os custos logísticos nas duas situações: distribuição direta e distribuição via CD.

3.2.1 Passo 3a – ganhos em receitas

Neste caso, será desenvolvida uma estimativa destes ganhos para dois cenários distintos.

Cenário 1: visão pessimista – margens atuais se mantêm

Neste cenário supõe-se que preços aumentem, mas que todos os custos irão aumentar na mesma proporção e, portanto, não há alteração na margem percentual de rentabilidade atual. A modelagem desta estimativa segue as Equações (8) a (12).

8

$$M_{ua} = P_u \cdot M_g$$

Onde:

M_{ua} = margem unitária do produto sem aumento de preço (antes)

P_u = preço unitário do produto

M_g = fração de margem em relação ao preço do produto

Desenvolvendo-se a Equação (8), chega-se à Equação (9):

9

$$M_{ud} = P_u \cdot (1 + \delta_p) \cdot M_g$$

Onde:

M_{ud} = margem unitária do produto com aumento de preço (depois)

δ_p = fração de aumento no preço unitário do produto

O ganho líquido unitário no preço do produto para o Cenário 1 (G^1_L) corresponde à Equação (10):

$$10 \quad G^1_L = P_u \cdot (1 + \delta_p) \cdot M_g - P_u \cdot M_g$$

E desenvolvendo-a, chega-se às Equações (11) e (12):

$$11 \quad G^1_L = P_u \cdot M_g \cdot (1 + \delta_p - 1)$$

$$12 \quad G^1_L = P_u \cdot M_g \cdot \delta_p$$

A Equação (12) representa, assim, a estimativa de ganho líquido unitário para o cenário pessimista.

Cenário 2: visão otimista – margens atuais aumentam

Aqui se supõe que preços do produto aumentem, mas seus custos, não. Ocorre, assim, aumento da margem percentual de rentabilidade do produto. A modelagem se inicia pelo custo unitário do produto (C_{up}) na Equação (13):

$$13 \quad C_{up} = P_u(1 - M_g)$$

A margem unitária do produto com aumento de preço na situação “depois” (M_{ud}) é representada pela Equação (14):

$$14 \quad M_{ud} = P_u(1 + \delta_p) - C_{up}$$

Computando-se as diferenças entre as margens, tem-se o ganho líquido unitário para o cenário otimista (G^2_L) na Equação (15):

$$15 \quad G^2_L = P_u(1 + \delta_p - M_g) - C_{up}$$

3.2.2 Passo 3b – ponto de equilíbrio

Primeiramente pode-se definir o custo logístico variável (CL_v) através da Equação (16):

$$16 \quad CL_v = C_{est} + C_{tr} + V_{pd}$$

E define-se o custo logístico fixo como o custo das instalações, que representam o próprio custo de armazenagem (C_{arm}).

O custo logístico global (C_L) para a demanda D será calculado conforme a Equação (17):

$$17 \quad C_L = CL_V D + C_{arm}$$

O ponto de transição entre distribuição direta e distribuição via CD ocorre quando os custos logísticos forem equivalentes. Deve-se ter a condição da Equação (18):

$$18 \quad CC_{L-Dir} = C_{L-CD}$$

Onde:

C_{L-Dir} = custo logístico para distribuição direta

C_{L-CD} = custo logístico para distribuição via CD

Desenvolvendo-se a Equação (18) e considerando-se ainda eventuais ganhos em receitas, tem-se:

$$19 \quad D_{eq}^k CL_{V-Dir} + C_{arm-Dir} = D_{eq}^k (CL_{V-CD} - G_L^k) + C_{arm-CD}$$

Onde:

D_{eq}^k = demanda de equilíbrio no ponto de transição, para o cenário k

$k = 1, 2$ (1 = pessimista; 2 = otimista)

C_{arm-CD} = custo de armazenagem com o uso de CDs

$C_{arm-Dir}$ = custo de armazenagem com distribuição direta

CL_{V-Dir} = custo logístico variável com distribuição direta

CL_{V-CD} = custo logístico variável com o uso de CDs

G_L^k = ganho líquido unitário no preço do produto, devido a CDs, para o Cenário k

Isolando-se D_{eq} da Equação (19), chega-se à Equação (20):

$$20 \quad D_{eq}^k = (C_{arm-CD} - C_{arm-Dir}) / (CL_{V-Dir} - CL_{V-CD} - G_L^k)$$

Essa equação permite determinar a zona de transição entre distribuição direta e distribuição via CDs. Aplicada a diferentes cenários fornece as respectivas demandas de equilíbrio para cada caso.

4 APLICAÇÃO PRÁTICA

Foi desenvolvida uma aplicação prática da metodologia com o objetivo de estudar os canais de distribuição mais adequados para um produto produzido no sul do País, e que deveria atingir mercados de seis cidades brasileiras nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

O objetivo é avaliar o comportamento da demanda de equilíbrio em virtude da distância entre centro de produção e região de destino, de forma que seja construída uma curva de transição entre a alternativa de distribuição direta *versus* distribuição via CD.

Para uniformizar a análise adotou-se uma demanda prevista de 250 toneladas mensais para todas as praças de destino consideradas. Assim, as estruturas de armazém necessárias em cada cidade seriam equivalentes, eliminando-se então a influência deste fator nos resultados.

A análise foi desenvolvida, computando-se os custos logísticos para todas as localidades em duas alternativas de canais de distribuição – a distribuição direta dos produtos e a distribuição via centros de distribuição (CDs). Seguindo a metodologia desenvolvida, além dos custos logísticos, foram também computados os eventuais ganhos que se poderiam obter nos preços dos produtos com a distribuição via CD. Essa alternativa de distribuição proporciona um serviço de melhor qualidade, o que abre a possibilidade para eventuais ganhos em preços. Para o cálculo desses ganhos foram estabelecidos dois cenários: um pessimista e um otimista, conforme definidos na Seção 3. Os preços dos produtos considerados tinham um valor médio em torno de R\$1.000,00 por tonelada, e uma margem de comercialização de 18%. Com essas informações efetuou-se o cálculo correspondente aos ganhos em faturamento dos dois cenários. A partir desses dados e aplicando-se a metodologia apresentada no capítulo anterior foram obtidas as demandas de equilíbrio para as seis localidades.

Os modelos de regressão – Equações (21) a (26) – são apresentados em conjunto com os respectivos coeficientes de determinação (R^2). E as Figuras 1(a) e 1(b) mostram como as demandas de equilíbrio (D_{eq}) vão se reduzindo à medida que a distância entre centro de produção e região de demanda (D_{vg}) cresce. Esse comportamento segue uma curva exponencial negativa conforme pode ser visto pelas três curvas que foram montadas.

Cenário Pessimista

Ganho em Receita Nível 1

$$D_{eq} = 1670,1.D_{vg}^{-0,3408} \quad R^2 = 0,9883$$

Ganho em Receita Nível 2

$$D_{eq} = 839,7.D_{vg}^{-0,2725} \quad R^2 = 0,9860$$

Ganho em Receita Nível 3

$$D_{eq} = 1670,1.D_{vg}^{-0,2275} \quad R^2 = 0,9838$$

Cenário Otimista

Ganho em Receita Nível 1

$$D_{eq} = 103,86.D_{vg}^{-0,1053} \quad R^2 = 0,9757$$

Ganho em Receita Nível 2

$$D_{eq} = 59,32.D_{vg}^{-0,0743} \quad R^2 = 0,9731$$

Ganho em Receita Nível 3

$$D_{eq} = 40,85.D_{vg}^{-0,0574} \quad R^2 = 0,9715$$

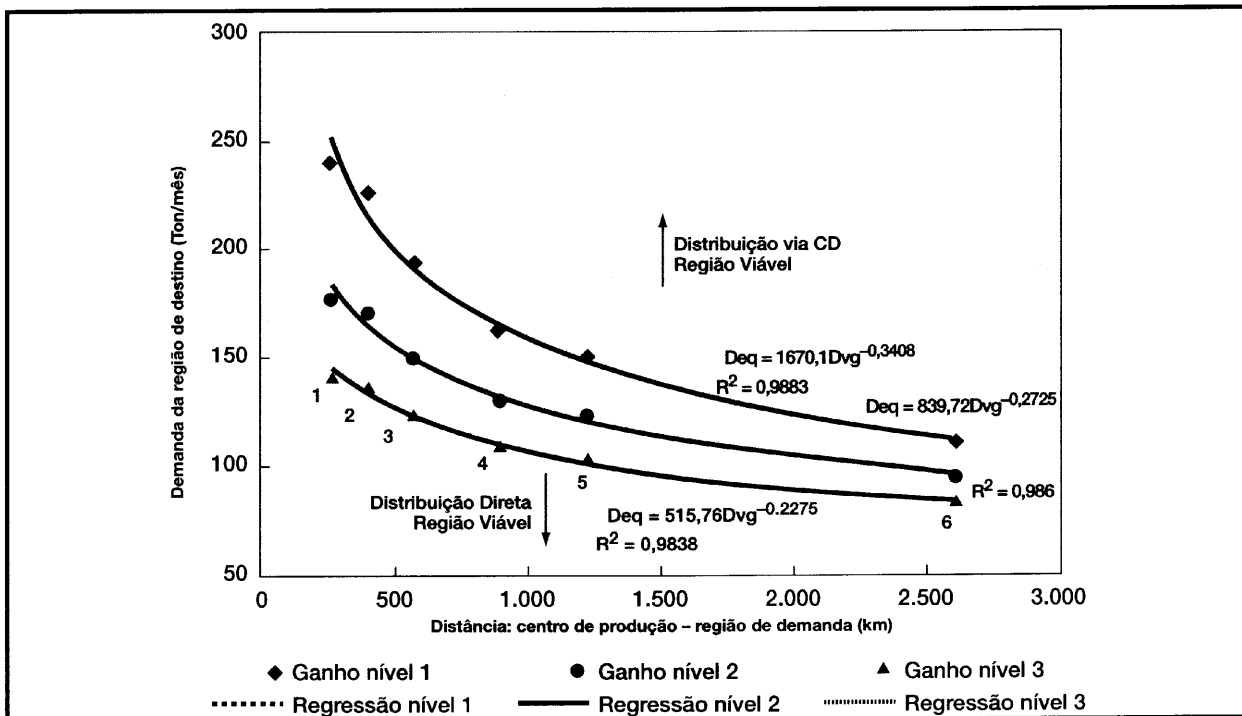


Figura 1(a) Distribuição direta versus via CD – curvas de transição – cenário pessimista

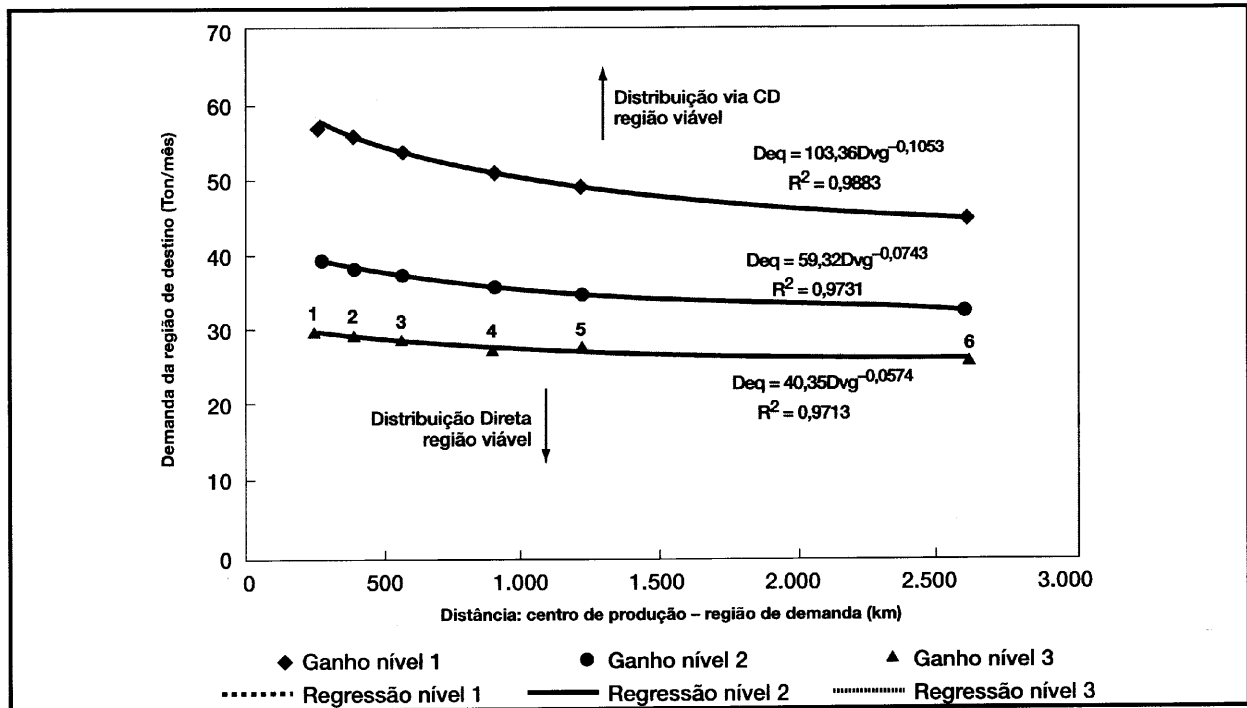


Figura 1(b) Distribuição direta versus via CD – curvas de transição – cenário otimista

Foi desenvolvida ainda uma avaliação do comportamento das curvas de transição para as regiões de São Paulo e do Rio de Janeiro. Essas regiões têm características distintas das outras, pois apresentam sérios problemas de tráfego, que elevam consideravelmente os custos de distribuição urbana. Ao se lançarem em um mesmo gráfico essas duas localidades em conjunto com as demais se percebe como as demandas de equilíbrio mudam de patamar ao se considerarem regiões com custos de operação de CDs mais elevados. Nas Figuras 2(a) e 2(b) visualiza-se este comportamento.

Com essa aplicação, foi possível uma demonstração completa da metodologia que mostrou como é possível, com o seu uso, a avaliação de estratégias de distribuição para regiões com diferentes características operacionais, econômicas e geográficas.

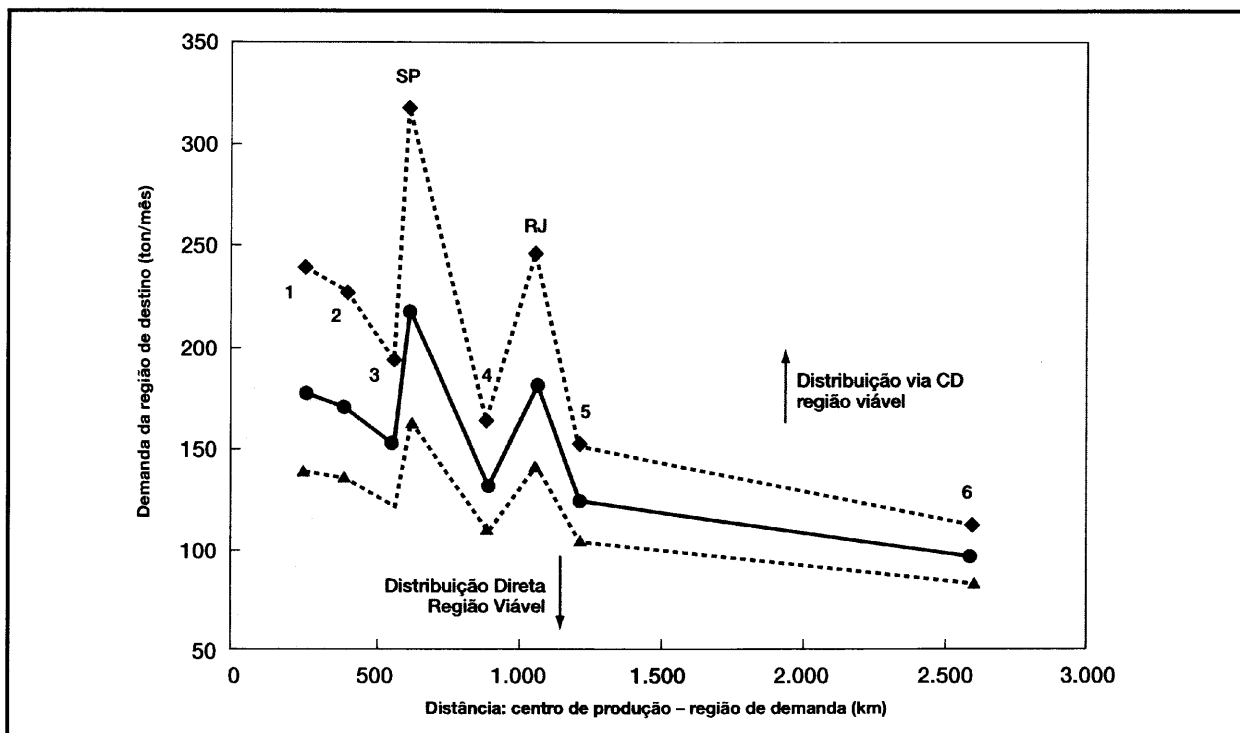


Figura 2(a) Curvas de Transição – SP e RJ incluídos – cenário pessimista

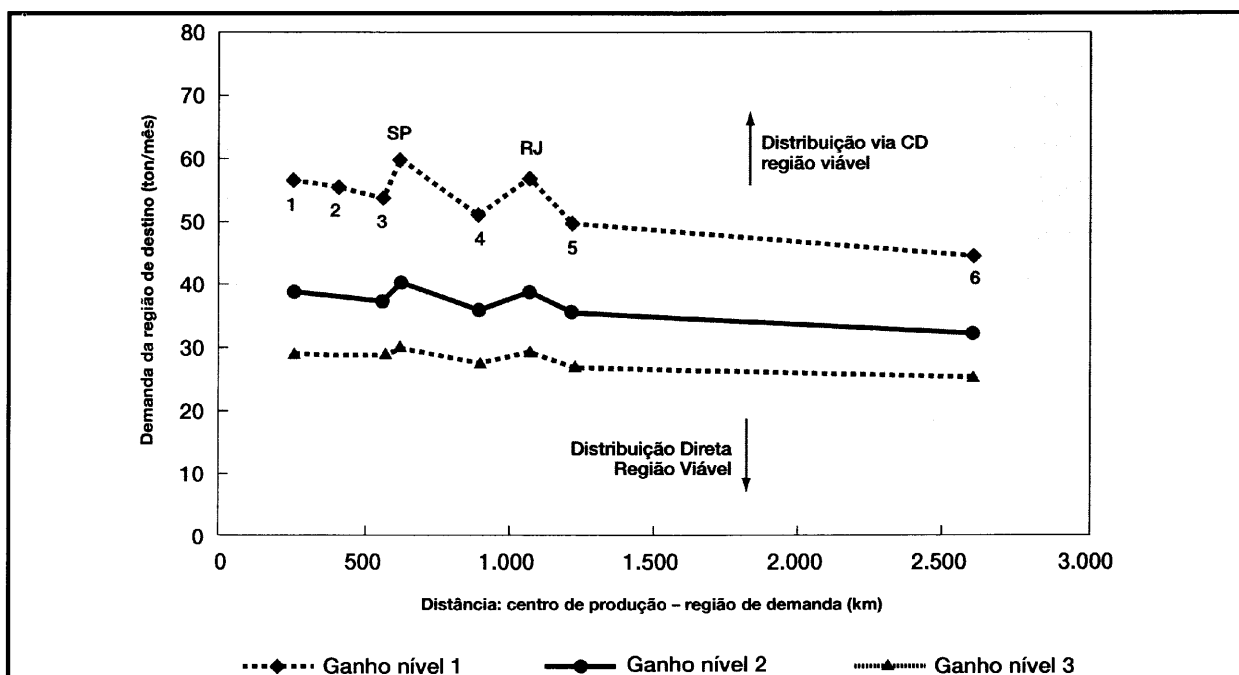


Figura 2(b) Curvas de transição – SP e RJ incluídos – cenário otimista

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do estudo procurou demonstrar que a metodologia é consistente e que sua implementação prática, relativamente simples. O modelo permite avaliações de vários cenários e possibilita a alteração desses cenários com a mudança de poucos parâmetros. De maneira geral, portanto, o uso da modelagem possibilita facilidade de identificação das regiões de soluções viáveis para cada tipo de estratégia logística, permitindo uma visualização clara das melhores decisões estratégicas. Um outro ponto importante tratado pelo modelo é quando se tem uma demanda predeterminada para uma região e a partir dessa demanda deseja-se estabelecer os custos da operação de um CD que iriam justificar a sua implantação. Como as demandas de equilíbrio sobem ou descem de forma proporcional aos custos de implantação dos CDs, pode-se partir de um nível inicial de custos de operação de um CD e estimar sua demanda de equilíbrio. Se essa estiver acima da desejada, basta simular reduções nos custos logísticos forçando, assim, a demanda de equilíbrio a baixar.

A aplicação prática mostrou como é possível a avaliação de estratégias de distribuição para regiões com diferentes características operacionais, econômicas e geográficas. Estudando-se inicialmente regiões com características homogêneas, estabeleceu-se um modelo de regressão que relaciona as demandas de equilíbrio com as distâncias dessas regiões para o centro de produção. É possível, assim, estimar através desses modelos as demandas de equilíbrio para regiões ainda não atendidas, o que é um eficiente instrumento de apoio a decisões estratégicas. Já quando as características de uma determinada região são de outro nível, as demandas de equilíbrio passam para patamares situados também em outros níveis. Pode-se pensar, portanto, em desenvolver áreas de soluções viáveis para diferentes patamares, e as localidades poderiam ser classificadas conforme suas características em cada uma dessas áreas.

No que tange à continuidade desta pesquisa existem alguns pontos que merecem ser salientados. O primeiro refere-se à questão de múltiplos CDs. O modelo aqui desenvolvido avalia cada região de forma independente sem considerar eventuais relações que poderia haver entre as regiões de demanda. Na prática essas relações acontecem com trocas de produtos entre CDs, compartilhamento de equipamentos etc; este, portanto, é um campo interessante para pesquisas futuras. De modo semelhante, pode-se pensar em múltiplos locais de produção que devem atender a uma determinada região com diferentes produtos. E um outro ponto a considerar é que os sistemas podem ser estudados considerando-se os processos estocásticos que ocor-

rem com suas variáveis. Particularmente importante é a demanda prevista para as regiões de destino dos produtos, que sabidamente têm comportamento estocástico e que, portanto, se constitui em mais um aspecto a ser abordado em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

1. HALL, R.W. Direct versus Terminal Freight Routing on a Network with Concave Costs. *Transportation Research*, 21 B, n. 4, p. 287-298, 1987.
2. BLUMENFELD, D.E., BURNS, L.D., DILTZ, J.D., DAGANZO, C.F. Analyzing Trade-offs between Transportation, Inventory and Production Costs on Freight Networks. *Transportation Research*, B, 19 B, n. 5, p. 361-380, 1985.
3. HALL, R.W. Comparison of Strategies for Routing Shipments through Transportation Terminals. *Transportation Research*, 21 A, n. 6, p. 421-429, 1987.
4. BALLOU, R.H. *Business logistics management*. 3 ed. Nova Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1992.
5. NOVAES, A.G. *Sistemas logísticos*. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1989.
6. FABRYCKY, W.J., THUESEN, G.J., VERMA, D. *Economic decision analysis*. 3 ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 1989.
7. ADLER, H.A. *Avaliação econômica dos projetos de transporte: metodologia e exemplos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1978.
8. MOURA, R.A. *Armazenagem e distribuição física*. São Paulo: IMAN – Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1997.
9. NTC – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS DE CARGA. Manual do sistema tarifário. São Paulo, 1986.
10. MERCEDES BENZ DO BRASIL S.A. *Administração e transporte de cargas – planejamento e racionalização*. São Paulo, 1998.
11. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. *Cálculo de tarifas de ônibus urbanos*. Brasília, 1996.
12. NOVAES, A.G., ALVARENGA, A.C. *Logística aplicada*. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1994.
13. NOVAES, A.G., VALENTE, A.M., PASSAGLIA, E. *Gerenciamento de transporte e frotas*. São Paulo: Editora Pioneira, 1997.
14. BALLOU, R.H. *Logística empresarial*. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1993.
15. DORNIER, P.P., ERNST, R., FENDER, M., KOUVELIS, P. *Global operations and logistics*. Nova York: John Wiley & Sons Inc., 1989.

16. KURIHARA, T., VALLIM, A.R.A., Filho. *Estratégias logísticas de distribuição de produtos – um sistema de apoio à decisão*. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2000. (Relatório Técnico Final, Fundo Mackenzie de Pesquisa).