

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA QUANTIFICAÇÃO DE
CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS**

TAYLOR MONTEDO MACHADO

Administrador

ORIENTADORA: ADELAIDA PALLAVICINI FONSECA, D.SC.

BRASÍLIA, NOVEMBRO DE 2006.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA QUANTIFICAÇÃO DE
CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS**

TAYLOR MONTEDO MACHADO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

APROVADA POR:

ADELAIDA PALLAVICINI FONSECA, D.Sc. (UnB)
(ORIENTADORA)

CARLOS HENRIQUE ROCHA, Ph.D. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

GIOVANI MANSO ÁVILA, D.Sc. (UFRJ)
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 28 DE NOVEMBRO DE 2006.

FICHA CATALOGRÁFICA

MACHADO, TAYLOR MONTEDO

Contribuição ao Estudo da Quantificação de Centros de Distribuição de Encomendas / Taylor Montedo Machado – Brasília, 2006.

2006, 110p., 210x297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes Urbanos, 2006).

Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, 2006.

Área: Transportes

Orientador: Profa. Adelaida Pallavicini Fonseca, D.Sc.

1. Logística
2. Rede Logística de Distribuição
3. Quantificação de Centros de Distribuição

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MACHADO, T. M. (2006). Contribuição ao Estudo da Quantificação de Centros de Distribuição de Encomendas. Dissertação de Mestrado, Publicação **T.DM-018A/2006**, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília 110p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Taylor Montedo Machado

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Contribuição ao Estudo da Quantificação de Centros de Distribuição de Encomendas

GRAU/ANO: Mestre / 2006.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Taylor Montedo Machado

Endereço: SHVP Chac. 22/1 Lote 11A Taguatinga.

CEP 72.110-800 Brasília – DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus como uma modesta forma de reconhecimento de Sua divina bondade para comigo, às minhas filhas Bruna e Mariana, amigos e companheiros desta longa caminhada e, especialmente, aos meus queridos e inesquecíveis pais.

“Os obstinados são sublimes. Quem é apenas bravo só tem impulso, quem é apenas valoroso só tem virtude, mas quem é obstinado possui grandeza. Quase todo o segredo dos grandes corações está na palavra: Perseverando” (Victor Hugo)

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, colaboraram para a consecução desta dissertação e, de forma especial, manifesto o meu profundo reconhecimento à minha orientadora, Profa. Adelaida Pallavicini Fonseca, pelos ensinamentos, paciência, dedicação e estímulo para que este trabalho obtivesse pleno êxito.

Ao Prof. Carlos Henrique Rocha, pelos ensinamentos e estímulos recebidos e pela participação na banca examinadora. Ao Prof. Giovani Manso Ávila pela participação na referida banca.

À equipe do Departamento Operacional de Encomendas pelas gentileza de ceder os dados sobre a área de encomendas dos Correios.

A todos os colegas, professores e servidores do Departamento de Engenharia Cível e Ambiental - ENC/UnB.

Ao Prof. José Wilson Correa, do Instituto de Geociência - IG/UnB, pelos ensinamentos específicos recebidos na área de geoprocessamento que contribuíram muito para esse trabalho.

Aos professores, funcionários e colegas do curso de mestrado do PPGT/ENC/UnB pela amizade e companheirismo.

RESUMO

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA QUANTIFICAÇÃO DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS

A atuação no mercado de serviços de distribuição de encomendas fracionadas porta-a-porta (B2C) demanda a existência de métodos que permitam o planejamento e avaliação da rede logística de distribuição, para poder adaptá-la à demanda do mercado. Apesar da importância do assunto para a logística de distribuição, poucos estudos foram desenvolvidos no sentido de dar embasamento teórico-prático para a solução do assunto em questão. O Modelo de Quantificação de Centros de Distribuição (MQCD) proposto neste trabalho permite tanto avaliar uma rede existente quanto dimensionar uma rede logística de distribuição total ou parcialmente, servindo assim, como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão. O modelo proposto foi desenvolvido com base em um problema real de uma empresa do setor de encomendas, que permitiu que fosse identificada a relação matemática entre as diferentes variáveis que influenciam tanto na demanda por encomendas expressas como na definição do número de centros de distribuição de encomendas. No desenvolvimento do MQCD foram incorporados conceitos do método de custeio *Activity-Based Cost* (ABC), que permitiram agregar flexibilidade à análise de indicadores que medem o desempenho das atividades envolvidas no processo de distribuição de um CD. Por fim, a aplicação do MQCD em uma empresa do setor mostrou que é uma ferramenta de análise eficiente e de fácil utilização.

ABSTRACT

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE QUANTIFICATION OF DELEVERY CENTERS ORDERS

The performance in the market of services of distribution of orders fractional door-to-door (B2C) the existence of methods that you/they support the appropriate planning of the net logistics of way distribution sufficiently flexible in way to allow fast fittings in the existent structure disputes. In spite of the importance of the subject for the distribution logistics, few studies were developed in the sense of giving theoretical-practical embasamento to the solution of the subject. The model of quantification of distribution centers (MQCD) proposed in this work it allows so much to evaluate an existent net as dimensionar a net logistics of total distribution or partially, serving like this, as a support tool to the planning capable to support the electric outlet of decision. The proposed model was developed with base in a real problem of a center of distribution of orders, that allowed that roots identified the mathematical relationship among the analyzed variables, incorporating the analysis of the demand for distribution of orders. In the development of MQCD they were incorporate concepts of the costing method Activity-Based Cost (ABC), that allowed to join flexibility to the analysis of the process of distribution of a CD. Finally, the application of MQCD in a company of the section showed that is a tool of efficient analysis and of easy use.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1. ASPECTOS GERAIS DO MERCADO DE SERVIÇOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS FRACIONADAS	12
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.3. HIPÓTESE.....	14
1.4. OBJETIVOS	15
1.5. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA DEMANDA	15
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
ESTADO DA ARTE.....	18
2.1. CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO FÍSICA	18
2.1.1 Canais de Distribuição	19
2.2. QUANTIFICAÇÃO DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO	22
2.3. ESTUDO DOS MODELOS DE PREVISÃO.....	23
2.3.1. Previsão vs Planejamento	23
2.3.2. Evolução dos Modelos de Previsão	24
2.3.3. Importância da Previsão	25
2.3.4. Processo de Previsão	26
2.3.5. Métodos de Previsão.....	29
2.3.6. Métodos Qualitativos de Previsão	34
2.3.7. Métodos Quantitativos de Previsão	38
2.4. GESTÃO BASEADO EM ATIVIDADES (ACTIVITY BASED MANAGEMENT – ABM)	57
2.5. ASPECTOS GERAIS DA TEORIA DA DEMANDA	59
ESTUDO E QUANTIFICAÇÃO DAS CENTRAIS DE DISTRIBUIÇÃO	61
3.1. SELEÇÃO DO COURRIER	61
3.2. AS CENTRAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS DA ECT.....	63
3.2.1. Estudo do Distritamento	65
3.2.2. Avaliação do Distritamento	65
3.2.3. Análise dos Métodos de Previsão Utilizados na Definição das Centrais de Distribuição de Encomendas	66
3.3. FORMULAÇÃO DO MODELO DE QUANTIFICAÇÃO DE CD.....	67
3.3.1. DESENVOLVIMENTO DA HEURÍSTICA	68
PLANEJAMENTO DO ESTUDO DA DEMANDA	74
4.1. Primeira Fase: Análise dos Dados do IBGE versus ECT	74
4.2. Segunda Fase: Análise de Dados do IPPUC versus ECT	77
4.3. Terceira Fase: Tratamento dos Dados do IPPUC versus ECT	77
4.4. Quarta Fase: Análise Estatística	80
4.5. Quinta Fase: Seleção das Variáveis mais Relevantes	81
MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA	83
5.2. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	83
5.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	85
5.4. TESTES DE SIGNIFICÂNCIA DOS MODELOS SELECIONADOS.....	87
5.4.1. Teste F	88
5.4.2. Teste t de Student	89
5.4.3. Teste de Identificação de Heteroscedasticidade	90
5.4.4. Teste de Identificação de Multicolinearidade.....	90
5.4.5. Teste de Identificação de Simultaneidade	92
5.4.6. Resumo da Análise dos Resultados dos Testes	92

5.5. DEFINIÇÃO DO MODELO MAIS REPRESENTATIVO	93
ESTUDO DE CASO	95
6.1. LEVANTAMENTO DE DADOS	95
6.2. RESULTADOS OBTIDOS	97
6.3. COMPARAÇÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO ATUAL	99
6.4. ESTIMATIVA DA REDE PARA 2010	101
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Evolução do Mercado de Encomendas	11
Figura 2.1 – Paralelismo entre canais de distribuição e distribuição física	20
Figura 2.2 – Funções dos Canais de Distribuição	21
Figura 2.3 – Perguntas para o Processo de Previsão	26
Figura 2.4. - Elementos do Processo de Previsão	29
Figura 2.5 – Diagrama de Árvore de Metodologia	30
Figura 2.6 - Ciclo de Vida de Produtos & Métodos de Previsão	32
Figura 2.7 - Tipo de Padrão de Dados e Tipo de Informação	33
Figura 2.8 – Método de Previsão & Situação Encontrada	34
Figura 2.9 - Classificação dos Métodos de Previsão	34
Figura 2.10 – Representação Gráfica dos Tipos de Correlação	42
Figura 2.11 – Correlação Positiva Perfeita	44
Figura 2.12 – Representação esquemática da interação entre o ABC e o ABM	58
Figura 3.1 – Fluxo Postal Simplificado	64
Figura 3.2 – Representação Esquemática de um CEE	64
Figura 3.3 – Representação Esquemática do Percorso de Entrega em um DCE	70
Figura 3.4 – Determinação do Número de Rotas (n) a partir do Ponto de Equilíbrio	73
Figura 4.3 – Compatibilização dos Dados por Bairro (IPPUC) com os Dados por CEE (ECT)	80
Figura 6.2 – Determinação do Número de Rotas (n) a partir do Novo Ponto de Equilíbrio	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Participação no Mercado de Encomendas Fracionadas	62
Tabela 3.2 - Portafólio da ECT	63
Tabela 4.1 - Resultados Obtidos com os dados do IBGE.....	76
Tabela 4.2 - Relação de Variáveis Identificadas Junto ao IPPUC	79
Tabela 4.3 - Índice de Correlação Encontrados por Variável.....	81
Tabela 4.4 – Relação de Variáveis Mais Relevantes.....	82
Tabela 5.1 - Resumo dos Modelos Estimados	86
Tabela 5.2 Resultados Obtidos da ANOVA.	86
Tabela 5.3a - Coeficientes Estimados.....	87
Tabela 5.3b - Coeficientes Estimados	87
Tabela 5.4 - Coeficientes Estimados.....	91
Tabela 5.5 – Resultados dos Modelos Estimados.....	93
Tabela 6.1 – Relação de Atividades de um Centro de Distribuição	95
Tabela 6.2 – Dados Levantados sobre a Distribuição em Curitiba.....	96
Tabela 6.3 – Estrutura de Distribuição em Curitiba.....	99
Tabela 6.4 – Incremento Estimado nas Variáveis Socioeconômicas para 2010.....	102

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CEE – Centro de Entrega de Encomendas

DR – Diretoria Regional

D+1 – Dia da postagem mais um dia

D+2 – Dia da postagem mais dois dias

ECT - Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos

GECOM – Gerência Comercial da Diretoria Regional

GENCO – Gerência de Encomendas da Diretoria Regional

GERE – Grupo Executivo de Reforma Estrutural dos Correios

P1 – Projeto de Gestão da Lei Postal

P2 – Projeto de Revisão da Estrutura Organizacional dos Correios

P3 – Projeto Banco Postal

P4 – Estudo de Viabilidade de Reestruturação do Serviço de Encomendas do Correio Brasileiro

P5 – Projeto Universidade Corporativa

SEDEX – Serviço de Encomenda Expressa

MANCAT – Manual de Comercialização e Atendimento da ECT

MANORG – Manual de Organização da ECT

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de encomendas fracionadas é composto por cerca de 3.000 empresas, segundo estudo conduzido pela CEPA/UFRGS (2005). A participação de cada uma delas no mercado brasileiro é pouco expressiva, uma vez que não existe uma hegemonia. Dentre as seis principais estão a ECT – Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, a Braspress, a VASP, a VARIG, a Mercúrio e a Ramos.

De acordo com o **IDC** – *International Data Corporation*, o mercado postal brasileiro é estimado em cerca de US\$ 4,0 bilhões, conforme apresentado na **Figura 1.1**. A participação da ECT neste mercado é de cerca de 48%, segundo avaliação do Grupo de Trabalho de Estudo de Viabilidade de Reestruturação do Serviço de Encomendas do Correio Brasileiro – P4. A estimativa do P4 calcula que todo este montante se traduz num volume de aproximadamente 870.000 objetos/mês.

Dentro do segmento de encomendas expressas, mercado este caracterizado pela concorrência acirrada dos diferentes *players* que atuam em nível nacional, a ECT tem uma participação de cerca 26,5%. Geograficamente, cerca de 83% da demanda de encomendas expressas está concentrada nas regiões sul e sudeste.

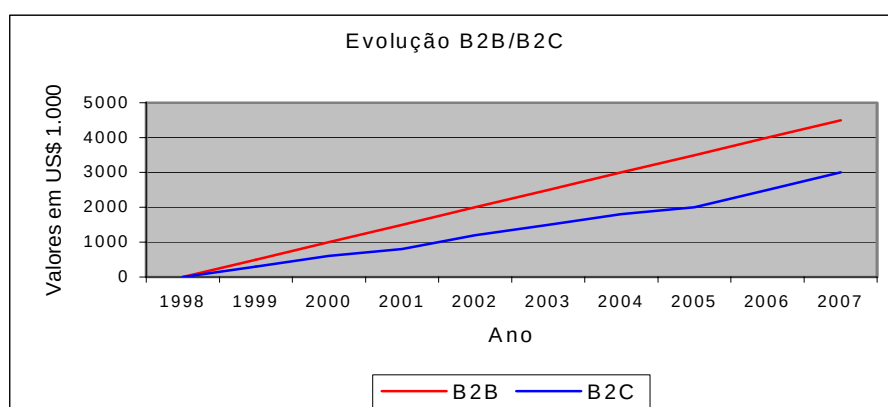


Figura 1.1 – Evolução do Mercado de Encomendas

Fonte: IDC

1.1. ASPECTOS GERAIS DO MERCADO DE SERVIÇOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS FRACIONADAS

Para empresas especializadas nos serviços de distribuição de encomendas fracionadas, a base de sustentação de todo o seu sistema é o planejamento da rede logística de serviços (Ballou, 2001; Bowersox, 2001). O planejamento da rede logística permite a estruturação e dimensionamento da rede de atendimento, processamento e distribuição orientado aos objetivos da empresa, dentre eles, nível de serviço e redução de custos logísticos.

Sob a ótica de mercado, a localização e dimensionamento da infra-estrutura de suporte da rede logística, são dois fatores críticos do planejamento da rede logística, uma vez que, além de criar barreiras à entrada de competidores e de gerar demanda, também afetam as dimensões estratégicas, como flexibilidade, posicionamento competitivo, gerenciamento e focalização da demanda. No entanto, vale ressaltar que esses dois fatores dependem de um bom estudo da demanda e de como esta se encontra localizada espacialmente. Assim, a análise espacial da demanda e sua previsão são etapas importantes do processo de planejamento de uma rede logística.

Como as decisões de localização e dimensionamento envolvem aspectos de capital intensivo com comprometimentos em longo prazo, o conhecimento da demanda e sua previsão permite que as empresas possam analisar a situação em que se encontram, de forma a responderem a futuras mudanças oriundas de efeitos econômicos, demográficos, culturais e tecnológicos, objetivando posicionarem-se competitivamente com relação a seus concorrentes.

Deste modo, o processo de planejamento de uma rede logística de distribuição envolve duas etapas bastante distintas: a estimação da demanda a ser atendida, em uma determinada área e em um determinado período de tempo; e a definição do tamanho da rede necessária para atender à demanda estimada, a partir de requisitos de nível de serviço definidos para cada área de abrangência.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo Kotler (2000), os atributos básicos de um produto ou serviço, conhecidos como benefício-central¹, não são suficientes para atuar como fatores de diferenciação. No entanto, estes atributos são, em última instância, o que o cliente procura.

Assim, principalmente para serviços comoditizados (distribuição de encomendas), atributos básicos como rapidez, agilidade e cumprimento dos prazos necessitam ser atendidos sob pena de redução da participação de mercado e redução de lucratividade.

Sob essa ótica, os serviços de distribuição de encomendas fracionadas, *core business* de empresas conhecidas como *courriers*, dependem da qualidade do planejamento, da avaliação e da análise da rede de distribuição. Pode-se dizer que a estrutura física de que um *courrier* dispõe para cobrir um determinado conjunto de áreas se traduz em um fator primordial para poder fazer frente à concorrência, mantendo a carteira de clientes e prospectando novos mercados.

No entanto, para que a definição da estrutura de distribuição seja eficaz e eficiente, é necessário considerar três fatores principais: a estimativa da demanda a ser atendida; a caracterização de um modelo capaz de estimar a quantidade de centros de distribuição necessária; e a localização estratégica dos centros, considerando as características inerentes ao processo de distribuição.

Porém, enquanto o mercado *Business-to-Business* (B2B) se caracteriza pela necessidade de distribuir produtos com grandes volumes e em pontos de venda relativamente fixos, o mercado de entrega de encomendas fracionadas (*Business-to-Consumer – B2C*), alvo desta pesquisa, se caracteriza pela necessidade de distribuir pequenos volumes e em pontos de entrega que variam com grande frequência.

A grande variabilidade relativa tanto aos possíveis remetentes quanto aos possíveis destinatários de encomendas faz com que as empresas que atuam neste negócio tenham uma maior dificuldade para manter o nível de serviço contratado, inviabilizando a adoção do enfoque tradicionalmente utilizado pelo B2B. Assim, o planejamento da rede logística

de distribuição é o maior desafio que enfrentam os gerentes de logística de operações que atuam neste setor.

Vários autores (Ballou, 2001; Bowersox, 2001; Novaes, 2001) que estudaram a questão de quantificação de centros de distribuição abordam o problema de forma espacial, tomando como base um mapeamento prévio das áreas onde estão concentrados tanto os fornecedores quanto os pontos de venda. Este enfoque pressupõe apenas uma pequena variabilidade tanto na quantidade de origens quanto de destinos, o que dificulta sua aplicação para o problema de entrega de encomendas e sua localização espacial.

Uma abordagem mais adequada para a resolução deste tipo de problema necessitaria estar baseada, em primeiro lugar, na definição da quantidade de centros que seria necessária para atender à demanda e só então, definir sua localização. Ou seja, a proposta seria partir da mensuração da capacidade produtiva de um centro e a definição de um determinado nível de serviço, para calcular a quantidade de centros necessários para atender à demanda e, por fim, pesquisar as alternativas de localização.

Este tema é relevante no mercado B2C, assim esta pesquisa vem a contribuir com o estudo sobre o problema da quantificação de centros de distribuição de encomendas fracionadas, mantendo um determinado nível de serviço.

Assim sendo, o problema consiste em:

Como melhorar o processo de planejamento da rede logística de distribuição de um courier de forma a atender, com qualidade, à demanda potencial e futura de encomendas fracionadas?

1.3. HIPÓTESE

A interação de um modelo de previsão de demanda por distribuição de encomendas fracionadas com um modelo de quantificação de centros de distribuição permite melhorar a qualidade do processo de avaliação e dimensionamento de uma rede logística de distribuição.

¹ Diz respeito ao benefício fundamental que o cliente está comprando. Kotler, 2000. pg 417

1.4. OBJETIVOS

Desenvolver um modelo de quantificação de centros de distribuição que permita avaliar e dimensionar uma rede logística de distribuição, baseando-se em um modelo de demanda por distribuição de encomendas.

Dentro deste objetivo geral, têm-se como objetivos específicos:

- Conhecer o comportamento da demanda por distribuição de encomendas fracionadas por meio da identificação de variáveis sócio-econômicas;
- Elaborar um modelo de previsão de demanda de encomendas a partir das variáveis sócio-econômicas elencadas;
- Estruturar um modelo de quantificação de centrais de distribuição de encomendas fracionadas;

1.5. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA DEMANDA

Chimerine (1997) enfatiza que um sistema de planejamento e previsão deve ser elaborado com base no pressuposto de que qualquer previsão terá erros. No entanto, existem alguns erros que são mais onerosos que outros, devendo a empresa identificá-los e buscar minimizá-los.

Segundo *Ballou* (2001), as atividades logísticas de planejamento e controle exigem estimativas acuradas dos volumes de produtos e serviços a serem manipulados pela cadeia de suprimento. O mesmo autor defende que prever níveis de demanda é vital à empresa como um todo, porque fornece as entradas básicas para o planejamento e controle de todas as áreas funcionais, incluindo a logística, o marketing, a produção e as finanças.

A previsão de demanda é essencial para a redução dos custos de uma empresa, uma vez que quanto melhor a qualidade das estimativas, maior a capacidade de maximização da produção e menores os níveis de estoque, disponibilizando uma quantidade maior de recursos para investimentos e capital de giro. Além disso, a previsão de demanda está relacionada à satisfação do cliente, pois à medida que esse processo está cada vez mais integrado a todo o processo logístico de uma empresa, ele orienta a produção, os níveis de

estoque e, conseqüentemente, garante o atendimento ao mercado, dentro das expectativas de prazos e condições almejados pelos clientes.

O processo de previsão de demanda pressupõe a utilização de informações disponíveis sobre variáveis que têm um poder de explicação relevante sobre o comportamento do evento que se deseja conhecer. Porém, o ambiente externo é caracterizado por uma grande diversidade de fatores que potencialmente influenciam o comportamento de qualquer variável que se esteja interessado em analisar. Situação análoga ocorre com a demanda por encomendas, sendo que a forma recomendada para reduzir a incerteza inerente ao processo de previsão é trabalhar no sentido de identificar um conjunto de variáveis que, individualmente e/ou agrupadas, forneçam o maior poder de explicação possível.

De pesquisas realizadas junto a *players* como os Correios e a TAM, conclui-se que o processo de previsão da demanda por encomendas é baseado, apenas, no comportamento da variável habitantes por município. Este procedimento pode apresentar distorções que acarretariam um desvio relevante na análise da estrutura de distribuição necessária. Além disso, conforme defendido por Koutsoyiannis (1973), a utilização de um número menor do que a quantidade realmente necessária de variáveis para efetuar a previsão do comportamento de algum fenômeno pode tornar a modelagem inconsistente e, conseqüentemente, qualquer previsão feita será, estatisticamente, ineficiente.

Desta forma, é relevante analisar outras variáveis que possam contribuir com o desenvolvimento de uma função de demanda que represente mais realisticamente o comportamento da demanda por distribuição de encomendas. Logo, baseado nessa função, avaliar e/ou dimensionar uma rede logística de distribuição de encomendas.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo está estruturado em sete capítulos, incluindo esta introdução, onde foi feita a contextualização do estudo e a apresentação da formulação do problema, hipótese, objetivos, a motivação e a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho.

O segundo capítulo faz um apanhado sobre a base teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho envolvendo um estudo dos modelos de previsão com

destaque para a modelagem econométrica e *Activity-based Management* (ABM). Além disso, são abordados conceitos importantes sobre planejamento logístico e nível de serviço.

O terceiro capítulo descreve uma proposta de metodologia para a definição da quantidade de centros de distribuição de encomendas.

No quarto capítulo é apresentado um estudo sobre a demanda por distribuição de encomendas identificando um conjunto de variáveis sócio-econômicas relevantes para o processo de estimação.

No quinto capítulo é apresentado o modelo econométrico estimado para representar o comportamento da demanda por distribuição de encomendas, a partir das variáveis sócio-econômicas identificadas.

O sexto capítulo contém um estudo de caso onde é feita uma comparação entre a rede de distribuição atual e a rede de distribuição estimada a partir da utilização da metodologia proposta, dentro da mesma área de estudo.

Por fim, no sétimo capítulo é feito um apanhado geral das conclusões obtidas a partir dos resultados do estudo, bem como um rol de recomendações sobre aprimoramentos no processo de quantificação de centros de distribuição.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

Este capítulo apresenta o estado da arte dos temas abordados na pesquisa: canais de distribuição e estudo de modelos de previsão. Canais de distribuição é um tema muito pouco estudado no Brasil embora seja importante para o setor produtivo-econômico. A bibliografia referente ao tema é bastante básica e ainda existem vários conceitos que não se tem desenvolvido e nem apresentam metodologia consolidada. No entanto, a bibliografia relacionada a estudos de demanda é bastante ampla e apresenta muitos estudos de caso aplicados com sucesso a casos reais, embora não se tem nenhum aplicado a centros de distribuição. Outro ponto que deu suporte à execução da pesquisa foram os conceitos relativos ao *Activity-based Management* (ABM), que aborda o gerenciamento através das atividades como uma forma adequada para a melhoria do valor recebido pelo cliente, além de incorporar flexibilidade ao processo de gestão.

2.1. CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

A distribuição de produtos pode ser analisada sob vários aspectos, variando em função da perspectiva utilizada. Para os profissionais de logística a distribuição de produtos é comumente denominada **distribuição física** e envolve os processos relativos à transferência de produtos desde o ponto de produção até chegar ao consumidor final, bem como todos os controles associados. A ótica destes profissionais está voltada para as questões de natureza predominantemente materiais e aborda assuntos como depósitos, veículos de transporte, estoques, equipamentos de carga e descarga, entre outros.

Por outro lado, para os profissionais de marketing e de vendas, a distribuição de produtos está mais ligada às questões que envolvem a comercialização e todo o rol de serviços associados. Sob este ponto de vista, os produtos são disponibilizados aos clientes por meio de intermediários que atuam como o elo que liga o produtor ao consumidor final.

Segundo Stern et al. (1996), os *conjuntos de organizações interdependentes envolvidas no processo de tornar o produto ou serviço disponível para uso ou consumo* constituem os **canais de distribuição** ou **canais de marketing**.

A partir da comparação destes dois enfoques é possível perceber que existe certo paralelismo entre ambos uma vez que a escolha dos canais de distribuição, feita com base na estratégia comercial, servirá necessariamente como parâmetro para a definição dos requisitos da logística de distribuição física. Este paralelismo pode ser visto na **Figura 2.1**.

Segundo reforça Novaes (2001), a *definição do canal de distribuição, com os serviços a ele associados, não prescinde, por outro lado, de uma análise criteriosa de suas implicações sobre as operações logísticas*. Isto alerta para a questão de que, mesmo tendo enfoques e objetivos diferentes, estes dois aspectos são complementares e necessitam estar alinhados.

2.1.1 Canais de Distribuição

Segundo Kotler (2000) apud Louis & Adel (1996), os canais de distribuição *são conjuntos de organizações independentes envolvidas no processo de disponibilização de um produto ou serviço para uso ou consumo*. No entanto, para entender os canais de distribuição é necessário compreender os motivos que suportam a existência desse tipo de estrutura.

Suponhamos que um varejista decida dedicar-se a distribuir uma larga gama de produtos para disponibilizá-los aos clientes e consolidando uma marca própria. No entanto, esta decisão implicaria no aporte de um volume muito grande de recursos financeiros além da necessidade de desenvolvimento de competências relativas à gestão dos processos de produção e administração de recursos produtivos.

Alternativamente, alguns varejistas utilizam uma estratégia intermediária encomendado às indústrias que fabriquem produtos seguindo especificações definidas de modo que estes possam receber suas marcas.

Por outro lado, caso uma indústria decidisse distribuir no comércio varejista seus próprios produtos, também haveria a necessidade de aporte de um volume significativo de recursos financeiros além da necessidade de desenvolvimento de competências relativas às atividades de gestão da força de vendas e administração de pontos comerciais.

Deste modo, a chave para explicar a larga utilização de canais de distribuição, por parte das empresas, está na questão de que a especialização baseada na maximização da atuação

no âmbito do *core competence* contribui para a redução de custos e aumento do desempenho econômico-financeiro-operacional.

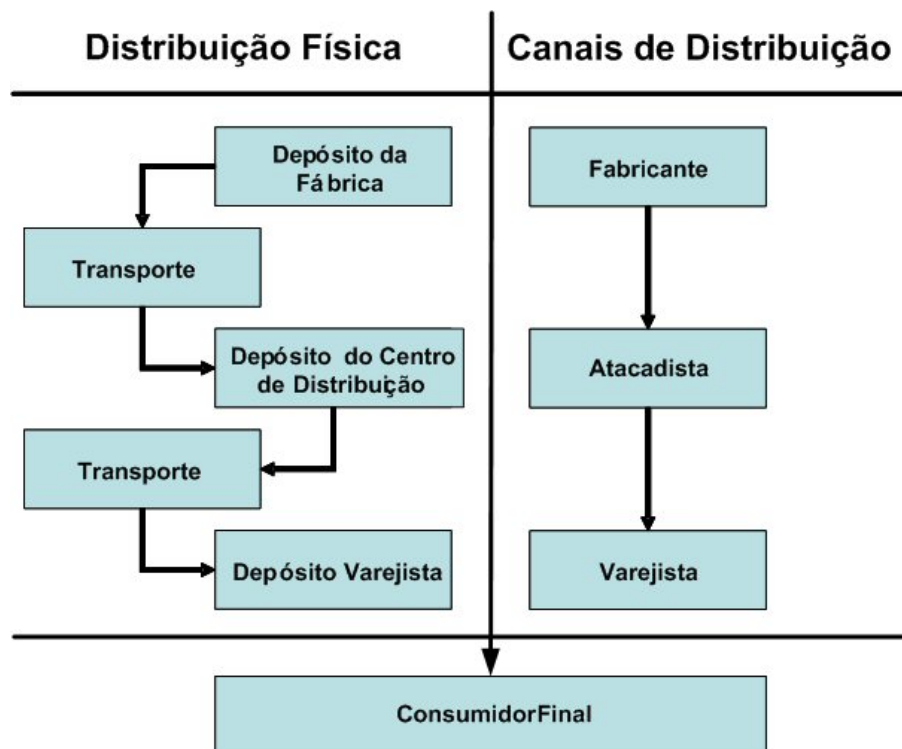


Figura 2.1 – Paralelismo entre canais de distribuição e distribuição física

Fonte: Adaptado de Novaes (2001)

2.1.1.1. Objetivos e Funções dos Canais de Distribuição

De forma geral, Novaes (2001) agrupa os objetivos dos canais de distribuição da seguinte forma:

- Disponibilizar os produtos rapidamente
Diz respeito a disponibilizar os produtos prioritários nos pontos de venda corretos, segundo a segmentação definida no planejamento de marketing.
- Potencializar as vendas dos produtos
Este objetivo está ligado diretamente com a exposição dos produtos, objetivando potencializar as vendas. O atingimento deste objetivo está ligado à escolha adequada do arranjo dos produtos nos pontos de venda, bem como a análise da necessidade de efetuar promoções.
- Promover a cooperação na cadeia de suprimento

Questões relativas à definição de pontos estratégicos para a distribuição, tais como lotes mínimos de pedidos, utilização de paletização ou mesmo técnicas diferenciadas de acondicionamento estão entre tópicos abordados neste objetivo.

- Garantir o nível de serviço

Tomando como base o planejamento da cadeia de distribuição, este objetivo diz respeito a garantir o nível de serviço planejado.

- Garantir o fluxo de informações

As questões relativas à manutenção de um fluxo de informações rápidas, precisas e confiáveis estão contidas neste objetivo.

- Reduzir custos

Este objetivo está ligado a todas as ações que relativas à redução de custos na cadeia de valor, que dizem respeito às atividades de distribuição.

Esquemáticamente, podemos representar as funções dos canais de distribuição conforme apresentado na **Figura 2.2**.

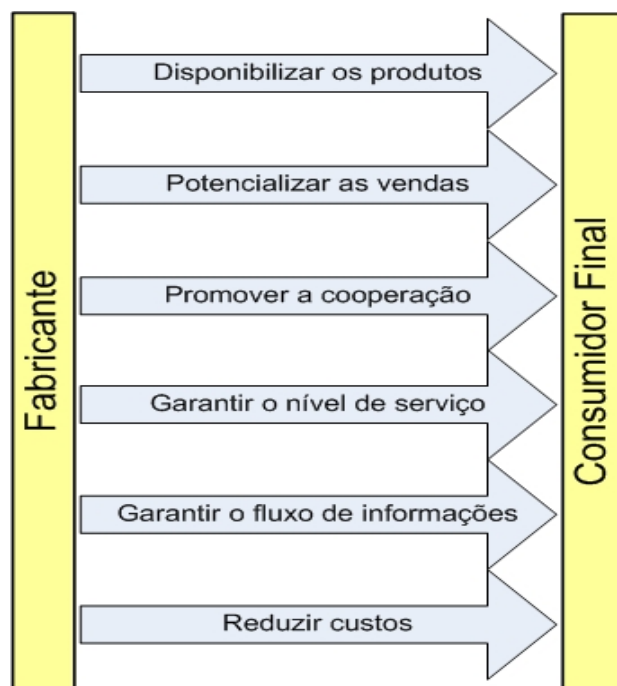


Figura 2.2 – Funções dos Canais de Distribuição

Fonte: Adaptado de Novaes (2001)

2.2. QUANTIFICAÇÃO DE CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO

Christopher (1973) caracteriza a necessidade de um planejamento dinâmico do sistema logístico de distribuição que permita o atendimento às variações decorrentes das alterações do comportamento de compra dos consumidores finais sem, no entanto, deixar de lado o enfoque industrial que aborda tão somente a relação entre uma ou mais fábricas e seus pontos de venda. Já *Magee* (1977) aborda o problema da quantificação e localização de centros de distribuição, mencionando que é possível colocar armazéns em cada fábrica ou estabelecer pontos centrais para situar armazéns de campo. O autor defende que este tipo de estratégia atende a boa parte do mercado norte-americano, sem considerar a complexidade inerente ao comércio B2C.

Bowersox (2001) aborda a questão da quantificação de centros de distribuição vinculando-a a localização de centros de distribuição e propondo a utilização de técnicas analíticas como o centro de gravidade geográfico ou mesmo técnicas de programação linear e outras que partem do pressuposto de que existe pouca variabilidade no conjunto de origens e destinos a serem atendidos pelos centros. No entanto, *Ballou* (2001) vai um pouco mais além abordando técnicas de localização mais refinadas como métodos de simulação estocástica, métodos heurísticos e programação linear guiada, abordando a questão de localização dinâmica de armazéns sem, tão pouco chegar a focar a situação onde o número de pontos de origens e destinos possui uma grande variabilidade.

Apesar de *Novaes* (2001) ressaltar a necessidade de flexibilidade para gerar vantagem competitiva através da otimização da cadeia de suprimento integrada, sua abordagem não difere da maioria dos autores uma vez que recomenda modelos que não são adequados para traduzir a grande variabilidade que existe no processo de distribuição de encomendas.

Mesmo considerando a grande aplicabilidade dos métodos e técnicas relatados pela bibliografia a problemas de quantificação de centros de distribuição em ambientes com certa estabilidade, quando o objeto de estudo passa a apresentar um nível de variabilidade significativo estes não mais se aplicam.

2.3. ESTUDO DOS MODELOS DE PREVISÃO

Se trabalharmos o conceito de “*previsão*” apresentado no Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, podemos defini-la como a estimativa de situações futuras em que existe intervalo de tempo para que se possam tomar ações até que tais fatos ocorram. Segundo *Newbold e Bos* (1994, p. 1), há um instinto humano para saber mais sobre o futuro. A natural curiosidade humana sobre o futuro tem sustentado um mercado em que astrólogos e pessoas que lêem cartas e consultam bolas de cristal atendem cada vez mais pessoas interessadas em diminuir a incerteza sobre o futuro.

Em administração e economia, encontram-se vários tipos de previsão como necessidade de recursos, fluxo de caixa, orçamento, todos alinhados com o processo de previsão de vendas, determinante para um planejamento eficaz e eficiente. A previsão de demanda oferece uma listagem de informações que auxiliam profissionais no processo de tomada de decisões, tanto táticas como estratégicas. Tais decisões são direcionadas para as metas e objetivos das empresas determinadas em seu planejamento.

Desta forma, a natureza da decisão define o propósito da previsão, ou seja, sua utilidade, e, portanto nenhuma previsão de negócios, seja ela matemática ou não científica, pode ser independente das decisões que as influem. Previsão é um dos aspectos chaves no processo de tomada de decisões, cada vez mais explícito em uma empresa, principalmente, devido aos sistemas de gestão implantados para acompanhamento dos resultados. (*Makridakis e Wheelwright*, 1977, p. 1).

2.3.1. Previsão vs Planejamento

A bibliografia existente sobre previsão de vendas pode ser dividida em referências que abordam o processo de planejamento, muito mais abrangente, e referências que enfatizam o processo de previsão em si. A referência relacionada ao planejamento apresenta a previsão como uma das ferramentas para o processo de planejamento e, por isso, são considerados outros aspectos como influência de fatores externos como: tecnológicos; valores sociais; mudanças políticas; dentre outros. (*Ross, Greeno e Sherman*, 1998). *Armstrong* (1985, p. 6) comenta que, freqüentemente, a previsão é confundida com o planejamento.

Outro aspecto discutido sobre planejamento e previsão é a necessidade de amenizar as incertezas no processo de planejamento por meio:

- a) Do reconhecimento dos erros nas previsões e seus preços;
- b) Da distribuição dos erros da previsão de forma adequada;
- c) Da reconsideração da coerência dos pressupostos de planejamento;
- d) Da monitoração da empresa.

2.3.2. Evolução dos Modelos de Previsão

Conforme *Mirapalheta* (1993, p. 8) há um estudo interessante do histórico dos modelos de previsão: Prever o futuro é um desejo tão antigo quanto a própria humanidade. Este desejo não foi motivado por mera curiosidade intelectual e sim por promessas de vantagens e oportunidades que adviriam deste conhecimento. No entanto, durante muito tempo, tal tarefa foi desempenhada por astrólogos, profetas e charlatões, o que tornava tal atividade muito distanciada do rigor científico necessário para o uso racional das previsões.

Até a década de cinquenta, ainda segundo *Mirapalheta* (1993) a maior parte das metodologias utilizadas baseava-se em métodos qualitativos, embora já estivesse disponível uma vasta gama de métodos quantitativos (em especial univariáveis). Estas metodologias sofriam restrições de dois tipos:

- a) Não existiam dados em quantidade suficiente disponível para aplicação;
- b) Não existiam equipamentos com capacidade de realizar o grande volume de processamento necessário.

Estas metodologias univariáveis tornaram-se populares a partir da década de sessenta, sendo usadas, principalmente, em previsões de curto alcance. Nesta época, começou a se generalizar o uso da informática e as restrições existentes em termos de bancos de dados e capacidade de processamento foram sendo superadas.

No entanto, já no final da década de setenta, o aumento da turbulência ambiental, recessões, etc mostrou que não existe uma metodologia intrinsecamente superior a todas as outras e foi feito um esforço na direção da integração e no melhor uso das metodologias existentes e, também, numa melhor compreensão das técnicas qualitativas. A necessidade de uma integração das metodologias levou *McLaughlin* a chamá-lo de *Total Forecast Period*². (*Mirapalheta*, 1993).

Por meio de sistemas desenvolvidos em computadores é possível integrar as diversas áreas de uma empresa, como planejamento econômico, de produção, de marketing e de logística. Além disso, as empresas conseguem monitorar os resultados da empresa através de informações mais rápidas e estruturadas. Ao invés de apenas analisar, ao final de um período, as diferenças entre objetivos e resultados reais, é possível acompanhar, até mesmo diariamente, as mais diversas informações por períodos e regiões desejadas (ex: faturamento, unidades vendidas, margens etc.). Isso permite que as empresas possam tomar ações a tempo para reverter seus resultados.

2.3.3. Importância da Previsão

Todos os profissionais operam com um certo grau de incerteza sobre decisões que afetarão o futuro, próximo ou de longo prazo, das empresas em que trabalham. Com o cenário cada vez mais competitivo e a ameaça de novos concorrentes globais, este grau de incerteza torna-se cada vez mais determinante sobre os resultados das empresas. É essencial que as empresas melhorem continuamente seus processos, aumentem sua capacidade de resposta e diminuam os riscos envolvidos em seus negócios, entre eles a previsão de demanda. O acerto ou erro de uma previsão poderá determinar o fracasso ou sucesso de uma empresa em um período curto ou em um horizonte maior.

² O conhecimento humano chegou a um ponto de complexidade tão grande, que não basta avançar as fronteiras do mesmo. A necessidade encontra-se agora na otimização de seu uso. Esta idéia encontra eco em uma frase muito popular no ramo de informática: "deve-se usar melhor a tecnologia e não a tecnologia melhor".

A previsão de demanda é essencial para a redução dos custos de uma empresa, uma vez que quanto melhor a qualidade das estimativas, maior a capacidade de maximização da produção e menores os níveis de estoque, disponibilizando uma quantidade maior de recursos para investimentos e capital de giro. Além disso, a previsão de demanda está relacionada à satisfação do cliente, pois à medida que esse processo está cada vez mais integrado a todo processo logístico de uma empresa, ele orienta a produção, os níveis de estoque e, conseqüentemente, garante ou não o atendimento ao mercado, dentro das expectativas de prazos e condições almejados pelos clientes.

2.3.4. Processo de Previsão

Diante do imenso número de técnicas que têm sido desenvolvidas para resolver os problemas de previsão de demanda, é importante começar tal processo através de alguns questionamentos que servirão para orientar a relação entre o “previsor” e a organização. O exercício deve começar com as respostas às questões apresentadas na **Figura 2.3** (adaptação Newbold & Bos, 1994, p. 6):

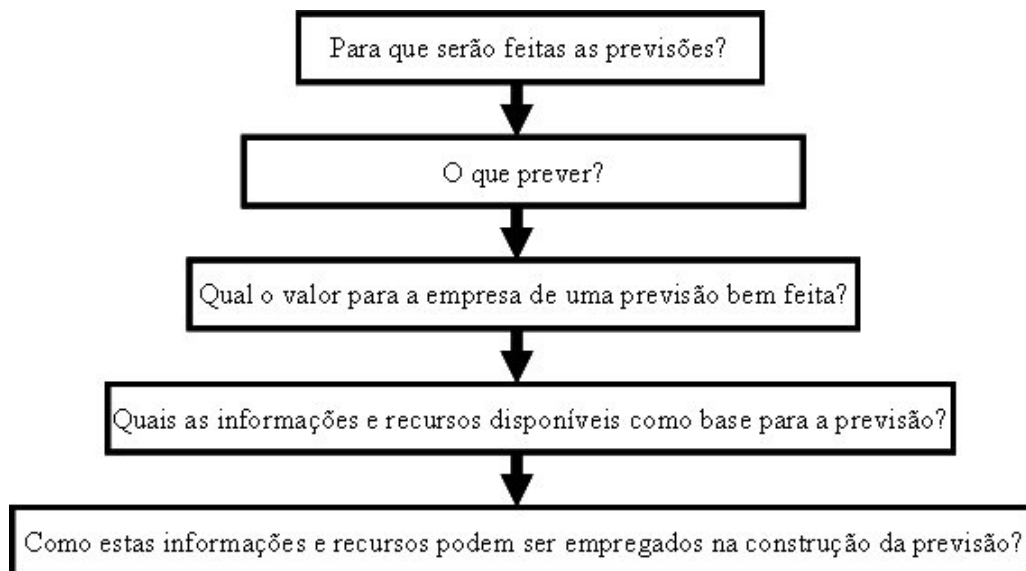


Figura 2.3 – Perguntas para o Processo de Previsão

Fonte: Adaptado de Newbold & Bos, 1994

Após esta espécie de *brainstorm*, deve-se pensar no modelo ou modelos que a empresa irá adotar, que constitui o ponto central deste trabalho. Paralelamente a estas ações, deve-se desenvolver outras etapas no trabalho de prever vendas. Segundo *Penteado Filho* (1984,

p.20), o processo de previsão de vendas divide-se basicamente em três fases: coleta de informações, análise de informações e elaboração da estimativa, que devem englobar etapas como:

- Dividir os produtos a serem estudados em grupos homogêneos;
- Determinar, com a maior exatidão possível, quais são os fatores que influem as vendas de cada produto, ou grupo de produtos, e procurar estabelecer a importância relativa de cada um deles;
- Reunir todas as informações disponíveis;
- Analisar as informações;
- Verificar os resultados da análise e compará-los entre si, e/ou com outros fatores disponíveis;
- Estabelecer premissas sobre os efeitos dos fatores que não podem ser calculados numericamente;
- Converter as deduções e premissas em previsões específicas para o mercado em geral e para regiões particulares;
- Aplicar as previsões às operações da empresa;
- Analisar o desempenho das vendas e rever periodicamente as previsões.

Wheelwright e Makridakis (1977) dizem que, considerando que a previsão está diretamente ligada ao processo de tomada de decisões, as empresas devem orientar-se em termos de áreas funcionais, ou seja, identificar e desenvolver os processos de previsão agrupados em linhas funcionais tais como marketing, finanças, produção etc, uma vez que os problemas e processos são semelhantes.

O processo deve ser revisto periodicamente junto com a revisão do processo decisório que norteia as previsões. Dificilmente as empresas adotam apenas um método, geralmente elas realizam uma combinação de vários métodos.

Os quatro passos para qualquer previsão de mercado total são:

- Definir o mercado;
- Dividir a demanda total da indústria entre seus principais componentes;
- Prever os *drivers* da demanda em cada segmento e projetar como eles vão provavelmente mudar;
- Conduzir análise de sensibilidade para compreender as mais críticas suposições e calcular os riscos em relação ao *baseline* projetado.

2.3.4.1. Elementos do Processo de Previsão

Uma das melhores formas de entender e orientar o processo de escolha de métodos de previsão é decompô-los em elementos. Existem diferentes abordagens e níveis de aprofundamento sobre os elementos que compõem o processo de previsão. Segundo *Wheelwright e Makridakis* (1977, p. 8-9), os seis principais elementos são:

- Horizonte de tempo;
- Padrão dos dados;
- Tipo de Modelo;
- Custo;
- Acuracidade;
- Facilidade de aplicação.

São escolhidas, para maior detalhamento, as dimensões de previsão propostas por *Georgoff e Murdick* (1986, p. 113-118) que apresentam 16 elementos agrupados em quatro grandes categorias. Estas dimensões foram apresentadas na Figura 2.4, na página seguinte, e orienta a escolha de métodos de previsão e se mostra bem completa e organizada de uma forma que a facilitar a compreensão.

2.3.5. Métodos de Previsão

2.3.5.1. Classificação Por *Continuum* Segundo Armstrong (1985)

Armstrong (1985) divide os métodos através de três "continuums", que são, na verdade, decisões que devem ser tomadas na escolha de um ou de outro método.

a) Métodos Objetivos versus Subjetivos

Métodos subjetivos são aqueles nos quais os processos usados para analisar os dados não são bem especificados. Eles podem ser baseados em processos simples ou complexos e usar dados subjetivos ou objetivos com inputs. O fator crítico é que os dados são transformados em previsões na mente do "previsor".

Métodos objetivos, ao contrário, têm seus processos, sua metodologia tão bem especificada que, duas pessoas analisando os mesmos dados, com o mesmo método, devem chegar aos mesmos resultados.

Elementos		Perguntas que devem ser feitas	Considerações
Tempo	Horizonte de tempo	O período de previsão é de curto, médio ou de longo prazo	Este tempo pode ser dividido em: tempo de desenvolvimento e tempo de execução
	Urgência	As previsões são exigidas imediatamente?	Como sai a previsão com a pressão de tempo da urgência
	Frequência	São necessárias previsões recentes com frequência?	Como o processo acomoda informações mais recentes?
Recursos	Sofisticação matemática	Os cálculos quantitativos são limitados?	Refere-se à sofisticação matemática e tecnológica dos métodos de previsão.
	Computadores	Os recursos dos computadores são limitados?	O quanto o computador é essencial para o processo de previsão.
	Custos	Os recursos financeiros são limitados?	Diz respeito aos custos com a obtenção das ferramentas necessárias para efetuar as previsões
Entradas	Histórico de dados	Os dados históricos são limitados?	Qual a importância de dados históricos no processo?
	Variação	Como é o padrão dos dados?	Pode ser horizontal, sazonal, cíclico ou trend.
	Consistência interna	Como reage a mudanças gerenciais internas?	Capacidade de refletir e acomodar mudanças.
	Consistência externa	Como reage a mudanças do ambiente externo?	Capacidade de refletir e acomodar mudanças.
	Estabilidade externa	Qual a reação quanto às variáveis externas?	Capacidade de se adaptar a mudanças bruscas no ambiente externo.
Saídas	Detalhamento	Possui muitos elementos?	Quantidade de informações específicas necessárias por área geográfica, etc.
	Acuracidade	Qual o nível de acuracidade?	Deve ser avaliado como controle dos objetivos pré-estabelecidos na empresa.
	Reflexão	Reflete <i>turning points</i> ?	Capacidade de refletir mudanças na direção.
	Identificação	Antecipa <i>turning points</i> ?	Capacidade de detectar possíveis mudanças de direção.
	Forma	Considera um intervalo ou probabilidades?	É importante analisar a variação possível das previsões.

Figura 2.4. - Elementos do Processo de Previsão

Fonte: Adaptado de Georgoff & Murdick, 1986

b) Métodos "Ingênuos" versus Causais

Os métodos "ingênuos" são aqueles nos quais se assume que os padrões e da variável em estudo repetir-se-ão no futuro. Os métodos causais, como o próprio nome indica, tentam estabelecer uma relação de causa e efeito entre uma ou mais variáveis. Depois atribuem-se valores às variáveis causais (também chamadas independentes) e observam-se os valores da variável efeito (também chamada dependente).

Os valores futuros das variáveis independentes também podem ser obtidos através dos métodos ingênuos.

c) Lineares vs. de Classificação

Os métodos lineares tentam encontrar uma relação linear entre a variável a ser prevista e as variáveis causais. Segundo *Armstrong*, estes métodos são mais difíceis de entender, mais caros de implantar e oferecem pouca capacidade de prever o futuro.

Os métodos de classificação procuram agrupar as variáveis causais que tenham características semelhantes em unidades comportamentais. O objetivo é agrupar os dados de forma que eles tenham pouca discrepância se comparados dentro do grupo, mas grande discrepância quando se comparam os grupos separadamente. Concentra-se então a previsão nas partes que terão maior influência no resultado desejado, desprezando o comportamento das variáveis de pouco peso na decisão.

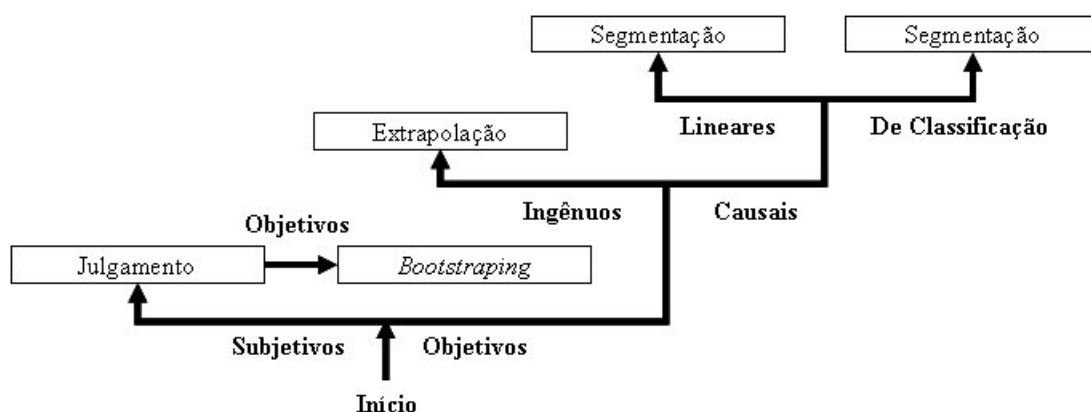


Figura 2.5 – Diagrama de Árvore de Metodologia

Fonte: Adaptado de Armstrong, 1985.

Os três *continuums* apresentados, acima, permitem a construção de um diagrama que torna mais fácil o entendimento da classificação. O esquema da **Figura 2.5**, a seguir, indica as decisões mais importantes para a maioria das previsões.

Inicialmente, identifica-se se o processo de previsão utilizado depende de mais variáveis subjetivas ou objetivas. Esta é a primeira grande divisão. Caso seja subjetiva, utilizam-se métodos qualitativos como "Júri de executivos", em que se determina a previsão a partir da opinião de pessoas. Se for objetivo, deve-se identificar se os dados têm padrões de comportamento que se repetem ao longo do tempo (horizontal, cíclico, sazonal, *trend*). Desta forma, utilizar-se-ia ferramentas como extrapolação simples de tendência. Caso possa se identificar uma relação causal dos dados com algumas variáveis, deve-se utilizar então métodos lineares ou de classificação já explicados anteriormente.

2.3.5.2. Classificação Básica Segundo Chambers, Mullick e Smith (1971)

Os três tipos básicos são: técnicas qualitativas, análise de séries temporais e projeção e modelos causais. As técnicas qualitativas, conforme o nome sugerem, usam dados qualitativos (opiniões de especialistas, por exemplo) e pode ou não considerar o passado. A análise de séries temporais, por outro lado, baseia-se inteiramente nos padrões e mudanças de padrões, dependendo completamente de dados históricos. Entende-se por séries temporais o conjunto de dados ordenados em pontos em ordem cronológica. A análise de séries temporais ajuda a identificar e explicar qualquer variação sistemática ou regularidade na série de dados, ou seja, sazonalidade, padrões cíclicos, estabilidade ou taxas crescentes lineares.

Os modelos causais usam informações altamente refinadas e específicas sobre relações entre elementos sistemáticos, sendo o mais sofisticado tipo de ferramenta para previsão. Assim, como no segundo modelo, o passado, também, é importante.

2.3.5.3. Classificação Pelo Ciclo de Vida Segundo Chambers, Mullick e Smith (1971)

Em cada estágio da vida do produto as decisões que os gestores devem tomar são bastante diferentes. A **Figura 2.6**, a seguir, ilustra os tipos de decisões feitos ao longo da vida dos produtos com os métodos de previsão que devem ser utilizados.

Nos primeiros estágios - desenvolvimento do produto e introdução - há poucas informações quantitativas sobre os produtos, logo, faltam dados históricos para modelos de séries temporais, de projeção ou causais. É indicado o uso de métodos qualitativos nos quais se tenha como pressuposto uma continuação do passado.

Finalmente, para produtos que já atingiram a maturidade, é possível obter mais dados, possibilitando a utilização de vários métodos que busquem relações de causa e efeito entre as variáveis. Para o caso de produtos que já estão há muito tempo na fase de maturidade, e não dão sinais de entrarem em declínio de vendas, é possível a aplicação de métodos qualitativos para estudos de causa e efeito, com o auxílio da experiência acumulada pela gerência, que pode apresentar quais as variáveis que considera mais relacionadas na determinação do comportamento das vendas de seus produtos.

Ciclo de Vida	Desenvolvimento do Produto	Teste de Mercado e Introdução	Rápido Crescimento	Estágio de Estabilidade
Típicas Decisões	a. Quantidade de esforço de desenvolvimento	a. Tamanho da facilidade ótima	a. Expansão de facilidades	a. Promoções
	b. Desenho do produto		b. Estratégias de marketing	b. Precificação
	c. Estratégia de negócio	b. Estratégias de marketing incluindo distribuição e preço	c. Planejamento de produção	c. Planejamento de produção
Métodos de Previsão			e. Estoques	
	1. Método Delphi	1. Pesquisa de consumidor	1. Técnicas estatísticas para identificação de <i>turning points</i>	1. Análise de séries temporais
	2. Análise histórica de produtos compatíveis	2. Sistemas de <i>tracking & warning</i>	2. Sistemas de <i>tracking & warning</i>	2. Modelos causais e econométricos
	3. Análise de padrões prioritários	3. Testes de mercado	3. Testes de mercado	3. Pesquisas de mercado
	4. Análise de entradas-saídas	4. <i>Designs</i> experimentais	4. Pesquisas de intenção de compra	4. Análise de ciclo de vida
	5. Concenso de painel			

Figura 2.6 - Ciclo de Vida de Produtos & Métodos de Previsão

Fonte: Adaptado de Chambers, Murdick & Smith, 1971

2.3.5.4. Classificação dos Métodos segundo *Makridakis e Wheelwright* (1983)

Makridakis e Wheelwright propuseram uma classificação das técnicas de previsão de acordo com o tipo de padrão de dados e tipo de informação. Ela pôde ser resumizada na **Figura 2.7**, abaixo :

TIPO DE PADRÃO	TIPO DE INFORMAÇÃO	
	Quantitativa	Qualitativa
História se repete	Séries temporais	Exploração
Fatores externos são determinantes	Causais	Normativos

Figura 2.7 - Tipo de Padrão de Dados e Tipo de Informação

Fonte: Adaptado de Makridakis & Wheelwright, 1983

Esses mesmos autores apresentam uma outra classificação que, ao invés de dar definições formais das áreas de aplicação, opta por dar exemplos de situações indicando o tipo de técnica a ser utilizada, conforme **Figura 2.8**, a seguir.

Boa parte dos modelos matemáticos e estatísticos é abordada na maioria dos livros ligados ao assunto. Os métodos subjetivos, também, costumam ser comentados, mas de uma forma mais superficial. *Wheelwright e Makridakis* (1977) são uma das poucas referências utilizadas nesta pesquisa que apresenta um gama maior de métodos qualitativos.

Em geral, os métodos se dividem em duas principais categorias: métodos qualitativos e quantitativos. Os modelos qualitativos subdividem-se em métodos de avaliação subjetiva e exploratória, enquanto que os modelos quantitativos podem ser divididos em séries temporais e explicativas ou causais, conforme ilustrado na **Figura 2.9**, abaixo:

	INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS				
	QUANTITATIVA		QUALITATIVA		QUASE NENHUMA
SITUAÇÃO	Séries Temporais	Métodos Causais	Métodos Exploratórios	Métodos Normativos	Meras conjecturas
Continuação dos padrões ou das relações	Prever a continuação do crescimento das vendas ou do PIB	Compreender como os preços e a publicidade afetam as vendas	Predizer a velocidade dos transportes no ano 2000	Predizer como os automóveis serão no ano 2000	Predizer os efeitos da exploração interplanetária
Prever mudanças (ou quando elas irão ocorrer) nos padrões ou relacionamentos existentes	Prever a próxima recessão ou quão séria ela será	Entender como mudanças na publicidade e nos preços poderão afetar as vendas	Prever com um aumento no preço dos combustíveis poderá afetar o seu consumo	Ter previsto o embargo de combustíveis que seguiu a guerra Árabe-Israelense	Efeitos da colonização da Terra por seres extraterrestres; de novas fontes de energia

Figura 2.8 – Método de Previsão & Situação Encontrada

Fonte: Adaptado de Makridakis & Wheelwrigth, 1977

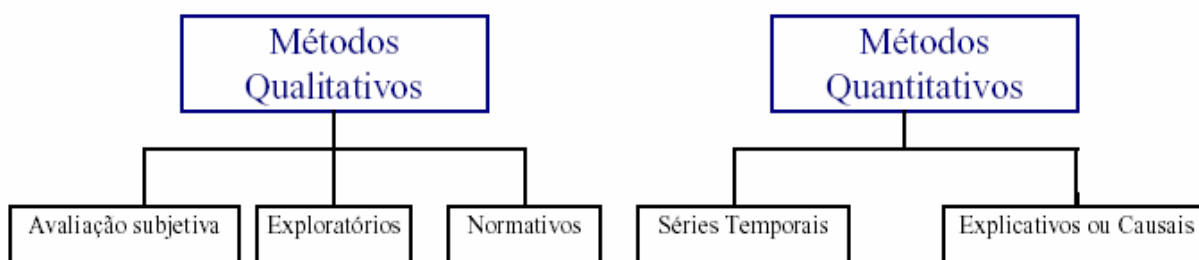


Figura 2.9 - Classificação dos Métodos de Previsão

Fonte: Adaptado de Makridakis & Wheelwrigth, 1977

2.3.6. Métodos Qualitativos de Previsão

2.3.6.1. Métodos de Avaliação Subjetiva

a) Júri de executivos

Através do júri de opiniões de executivos ou julgamento dos gerentes de produto, as opiniões individuais de cada executivo-chefe ou gerente são avaliadas e discutidas em grupo até se chegar a um consenso comum.

Este método é simples e usado com frequência, mas pode induzir a erros, decorrentes da subjetividade da análise. Apresenta vantagens uma vez que aglutina

conhecimentos e experiências de pessoas especializadas, que vivem os produtos e os mercados, minimiza o risco de algum fator qualitativo importante que deixou de ser considerado, é prático, rápido e simples e torna co-responsáveis os homens diretamente envolvidos na previsão de vendas.

Por outro lado este método também apresenta seus inconvenientes, pois pode tornar subjetiva a avaliação das oportunidades de mercado e pode falhar na sistematização dos dados e em sua ponderação. Esse método deve ser usado como um complemento aos outros métodos utilizados pela a empresa no processo de previsão de vendas.

b) Pesquisa Através da Opinião da Força de Vendas

Com base em suas expectativas de vendas, os vendedores são convidados a estimar as vendas para o próximo ano. A somatória das previsões dos vários territórios de vendas fornece a estimativa global para a empresa.

Os vendedores são os elementos da empresa que maior contato têm com o mercado. Este método apresenta vantagens como o aproveitamento do conhecimento dos vendedores, fazendo com que os vendedores tenham mais confiança nos critérios de estabelecimento das quotas a eles atribuídos e comprometendo e responsabilizando os vendedores no cumprimento das previsões.

Por outro lado, esse método também apresenta seus inconvenientes como: propor tendência abaixo das possibilidades de vendas, para reduzir o valor da quota de vendas fixada a partir da previsão de vendas e dificuldade em se obter a objetividade adequada dos vendedores. Além disso, o vendedor tende a ter sempre visão de curto prazo e não de médio ou longo prazo e tem dificuldade de captar as condições vigentes de mercado e da empresa, assim como suas implicações futuras.

c) Pesquisa de Mercado Através do Consumidor Final

Esse método pode ser entendido como a expectativa que se tem das necessidades de compra dos consumidores. Tal pesquisa leva em conta as previsões de negócios estimados por órgãos ou empresas de pesquisa ou mesmo por meios de pesquisas conduzidas pela própria empresa, através de seus vendedores.

Uma dificuldade que se encontra é a obtenção de informações conclusivas acerca das intenções de compra. Outra desvantagem do método está no fato de que em economias instáveis, fica difícil qualquer previsão futura, mesmo para bens industriais como máquinas e equipamentos.

A vantagem do método é que ele obriga a força de vendas a levantar todos os possíveis negócios futuros em sua zona de vendas.

2.3.6.2. Métodos Exploratórios

Os métodos exploratórios utilizam conhecimento e avaliações sobre o passado para prever o futuro. Como o próprio nome diz, explora-se variáveis e fatos através de modelos classificados em: métodos de construção de cenários, Método Delphi, Matrizes Cross-Impact, Ajuste de curva, métodos de analogia, pesquisa morfológica, Teoria da Catástrofe.

a) Métodos de Construção de Cenários

Muitos autores alegam que o modelo de cenários não é um modelo de previsão, mas a construção de cenários pode ser perfeitamente utilizada em previsão de vendas e com uma vantagem: incorpora as incertezas futuras.

Por meio da construção de cenários é possível prever com seriedade o futuro se as suposições adotadas ocorrerem. Através de uma sequência hipotética de eventos, construídos como objetivo de dirigir a atenção para os fatos bastante prováveis, se pode construir caminhos para a tomada de decisão. Esse modelo é bastante utilizado para análises de investimentos através da manipulação de algumas variáveis principais verificam-se quais seriam as mudanças nos fluxos de caixa, valores presente etc.

Resumidamente, a construção de cenários envolve (Cobra, 1990):

- Levantamento de dados;
- Análise e seleção dos objetivos;

- Identificação das variáveis internas à empresa que interferem no fenômeno a ser estudado;
- Identificação das variáveis do meio ambiente;
- Construção e seleção de cenários;
- Calcular as probabilidades de cada cenário selecionado;
- Análise dos cenários selecionados;
- Cálculo da previsão de vendas, com base na seleção de cenários.

b) Método Delphi

Um painel de especialistas é interrogado através de uma sequência de questionários, sendo que, a partir do segundo, eles são construídos a partir das respostas do anterior e assim por diante. Todas as informações disponíveis são repassadas a todos os entrevistados, capacitando-os a prever com as mesmas informações. Busca-se então confrontar as respostas com razões e argumentos dados anteriormente, oferecendo a oportunidade de revisão das estimativas. O programa é aplicado em fases, que vão se aprofundando nos detalhes sobre as previsões estudadas.

Este é um método que busca obter o consenso de um grupo através de um modelo mais sistemático no uso das avaliações individuais. Ele elimina as influências psicológicas que existem nos comitês, como divergência de opiniões, persuasão de alguns gerentes, a opinião da maioria, uma vez que o questionário de perguntas sequenciais é aplicado separadamente para os participantes.

Como todo método, o Delphi também apresenta suas desvantagens como elevada incidência de ambigüidade nos questionários. No entanto, a sua larga aplicação tem comprovado a sua força no processo de previsão.

c) Método de Analogia Histórica

Este método é constituído de uma análise comparativa do estágio de introdução e crescimento de um produto similar, cujos dados são considerados parecidos no processo de previsão do produto lançado.

2.3.7. Métodos Quantitativos de Previsão

Os métodos quantitativos de previsão podem ser classificados em duas principais categorias: séries temporais e métodos explicativos ou causais

2.3.7.1. Séries Temporais

Ao contrário dos métodos causais ou explicativos, a previsão através de séries temporais trata o sistema como uma caixa preta, não procurando identificar os fatores que afetam o seu comportamento, devido a dificuldade de compreensão e ao foco dado sobre o que vai acontecer e não o por que está acontecendo. Os métodos de séries temporais podem ser: extrapolação, amortecimento exponencial e médias móveis.

a) Extrapolação

A partir de dados passados de vendas, da análise das sazonalidades e dos ciclos de vendas projeta-se a previsão de vendas. Há aplicações até sofisticadas do método de extrapolação, mas é preciso ter cuidado com as séries históricas de dados a serem extrapolados, em face da flutuação e dos ciclos de vendas.

b) Amortecimento Exponencial, Suavização ou Ajuste Exponencial

Esse método pode ser entendido como uma aplicação particular da média ponderada e da média móvel. Este método também está baseado na premissa de que os dados disponíveis para o cálculo da previsão tornam-se cada vez menos relevantes conforme o aumento de sua idade. O método procura associar pesos mais altos aos dados mais recentes, decrescendo esse peso exponencialmente para os dados mais antigos. De um modo geral, o método utiliza-se da observação mais recente da demanda e a previsão do período anterior. O melhor ajuste é feito através da atribuição de diversos valores para os pesos α e $(1-\alpha)$ à observação da demanda mais recente e à previsão anterior, respectivamente.

c) Média Móvel

O método das médias móveis é muito útil na suavização de curvas que representam tendência e atenuação de distorções. O método consiste na média dos N dados mais recentes. Se os dados são fornecidos anualmente, ou mensalmente, as médias móveis de ordem N são denominadas, respectivamente, média móvel de N anos ou de N meses.

A média móvel produz resultados de previsões que dependem de N . Logo, se o N utilizado é baixo, a média poderá estar incorporando variações aleatórias da demanda; por outro lado, se o valor de N for alto, a média não estaria sendo muito sensível às variações na medida em que se aumenta o número de observações. Ou seja, no caso de se utilizar um grande número de observações, estar-se-ia filtrando as variações aleatórias, porém, as variações reais de demanda também não estariam sendo consideradas.

Existem outros aperfeiçoamentos no que diz respeito à aplicação da média móvel, no entanto, ela continua a dar o mesmo peso para todos os dados no cálculo da previsão, além de necessitar de uma grande quantidade de dados para a produção de bons resultados.

Com o desenvolvimento de tais métodos, aliada ao advento do computador nas organizações, surgiu alguns modelos de séries temporais mais sofisticados matematicamente e mais largamente utilizados, tais como: *Box-Jenkins* (ARIMA), Modelos SARIMA e Previsão *Bayesian*.

d) Box-Jenkins (ARIMA)

Uma série histórica de vendas, obviamente, vem ordenada em ordem cronológica e isto cria uma espécie de dependência entre os números de um período para outro, dependência chamada de autocorrelação. No modelo de *Box-Jenkins* são feitas análises da autocorrelação e da autocorrelação parcial de uma série histórica e, em seguida, é calculada uma estimação dos parâmetros, minimizando o erro quadrático.

A grande vantagem deste modelo é que, via análise da autocorrelação, é efetuado um diagnóstico dos resíduos de tal forma que os parâmetros estimados apresentem o erro quadrático mínimo.

Este é aparentemente um das mais acuradas ferramentas estatísticas disponíveis, mas também uma das mais custosas e consumidoras de tempo (*Chambers, Mullick e Smith, 1971*).

2.3.7.2. Métodos Explicativos ou Causais

Os métodos explicativos de previsão pressupõem uma relação de causa e efeito entre os *inputs* e os *outputs* de um sistema, que pode ser uma economia nacional, mercado de uma empresa entre outros. Qualquer mudança nos *inputs* irá afetar os *outputs*. O objetivo dos métodos de previsão nesse contexto é encontrar a relação entre os dois, através da análise dos resultados dos *outputs*.

Os métodos causais ou explicativos podem se dividir em: correlação e regressão simples, regressão múltipla e modelos econométricos.

a) Correlação e Regressão

A análise de regressão é muito usada para o desenvolvimento da função de demanda. Tal análise pode envolver desde fator simples (Regressão simples), para a determinação da demanda, até múltiplos fatores (Regressão múltipla). A relação de correlação entre os diversos fatores pode ser linear ou não linear (logarítmica, exponencial, etc.).

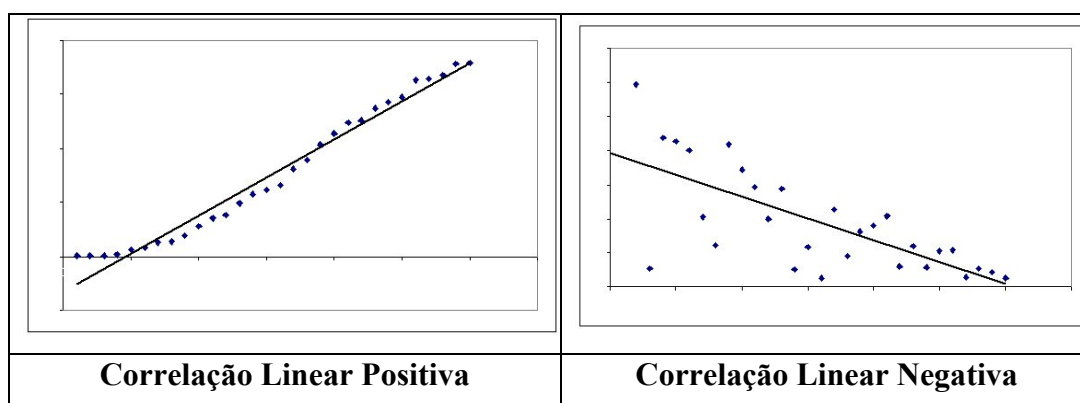
No caso específico de uma análise de regressão linear simples assume-se que uma variável dependente relaciona-se linearmente com uma variável independente. A análise de regressão linear procura encontrar uma equação de reta que melhor se ajuste a uma nuvem de observações. Essa equação de reta deve minimizar os desvios ocorridos entre as observações e os valores obtidos através da equação.

A qualidade do ajuste de uma regressão linear é medida através do coeficiente de determinação, caracterizado pela relação entre a soma dos quadrados dos desvios dos resultados obtidos pela regressão e a média das observações, e a soma dos quadrados dos desvios das observações em si e a média dessas observações.

Segundo *Koutsoyiannis (1977)*, a **Correlação** pode ser definida como o grau de relacionamento existente entre duas ou mais variáveis. O grau de relacionamento existente entre apenas duas variáveis é chamado simplesmente de **Correlação** enquanto que a análise da relação entre três ou mais variáveis é chamada de **Correlação Múltipla**.

A Correlação pode ser linear, quando todos os pontos (X, Y) em um diagrama de dispersão estão agrupados próximo a uma linha reta, ou mesmo não linear, quando todos os pontos se aproximam de um outro tipo de curva.

Duas variáveis podem apresentar uma correlação positiva, negativa ou mesmo nula. A **Correlação** positiva ocorre quando as variáveis tendem a modificarem-se conjuntamente na mesma direção, ou seja, aumentam ou diminuem juntas. A **Correlação** negativa ocorre quando as variáveis tendem a modificarem-se na direção inversa, ou seja, enquanto uma aumenta a outra diminui e vice-versa. A **Correlação** nula ocorre quando não existe nenhuma ligação entre o comportamento das variáveis analisadas. A **Figura 2.10** apresenta a representação gráfica destas situações.



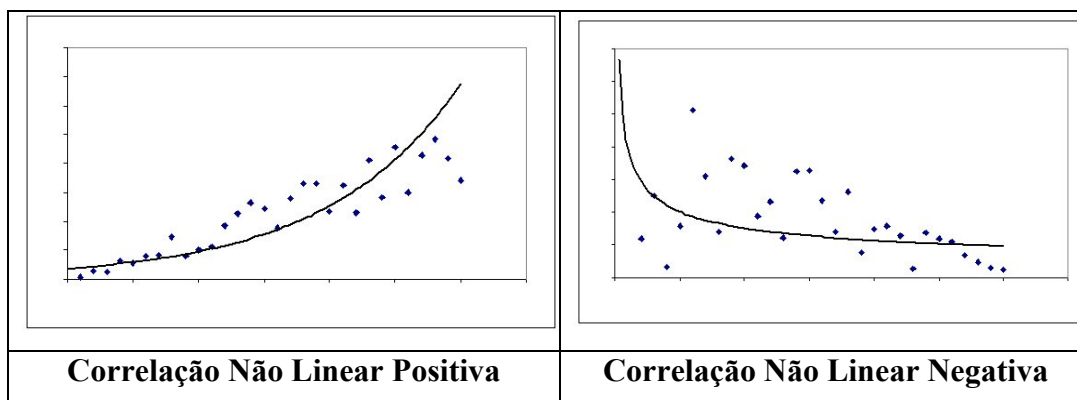


Figura 2.10 – Representação Gráfica dos Tipos de Correlação

Fonte: Produzido pelo autor

A quantificação do grau de correlação existente entre X e Y é representada pelo **Coeficiente de Correlação** dado por ρ , para o caso da análise populacional e por r , para o caso da análise amostral. O Coeficiente de Correlação é dado por:

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2} \sqrt{\sum y_i^2}} \quad (2.1)$$

Onde: $x_i = X_i - \bar{X}$ e $y_i = Y_i - \bar{Y}$

Caso a soma de todos os produtos dos desvios das variáveis X e Y de suas médias for positiva, a correlação entre X e Y será positiva. Quando o resultado dessa mesma soma for negativo, a correlação entre X e Y será negativa. Simbolicamente podemos dizer que se $\sum_i^n x_i y_i > 0$ a correlação entre X e Y será positiva e caso $\sum_i^n x_i y_i < 0$ a correlação entre X e Y será negativa.

Para corrigir as possíveis distorções causadas pelo tamanho a amostra, a expressão $\sum x_i y_i$ é dividida pelo número de observações (n), resultando em:

$$S_{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n} \quad (2.2)$$

A expressão (2.2) é a forma de obtenção da **Covariância** entre X e Y, que é, segundo a literatura, uma medida mais correta da relação entre X e Y do que simplesmente o somatório dos desvios a partir das médias.

No entanto, a análise ainda pode ser afetada pela unidade de medida em que o valor das variáveis foi tomado. Para corrigir esse efeito indesejável a Covariância entre as variáveis X e Y é dividida pelos desvios padrão das variáveis, resultando no Coeficiente de Correlação amostra (r), conforme pode ser visto em (2.3).

$$r = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n}}{n \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}} = \frac{S_{XY}}{n S_X S_Y} \quad (2.3)$$

Sabendo que $S_X = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}$ e que $S_Y = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n}}$, podemos substituir os valores de S_{XY} , S_X e S_Y na expressão (2.3) obtendo:

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{n \sqrt{\left(\frac{\sum x_i^2}{n}\right) \left(\frac{\sum y_i^2}{n}\right)}} = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{(\sum x_i^2)(\sum y_i^2)}} \quad (2.4)$$

Colocando a expressão (2.4) em desvios das variáveis a partir de suas médias, teremos:

$$r = \frac{n \sum (X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}} = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2} \sqrt{\sum y_i^2}} \quad (2.5)$$

O valor numérico do **Coeficiente de Correlação** é, em última análise, a medida do grau de Covariância entre as variáveis X e Y e podem variar entre -1 e +1. Quando r assume um valor igual a +1 significa dizer que existe uma perfeita correlação positiva entre as variáveis X e Y. Quando r assume um valor igual a -1 significa dizer que existe uma perfeita correlação negativa entre as variáveis X e Y. Uma vez que r assumo um valor igual a Zero significa dizer que não existe correlação entre as variáveis.

É possível demonstrar que r assumirá o valor da unidade quando as duas variáveis são perfeitamente correlacionadas linearmente quando as observações aderem a uma reta com uma declividade positiva ou negativa, de acordo com a correlação positiva ou negativa existente entre as variáveis X e Y.

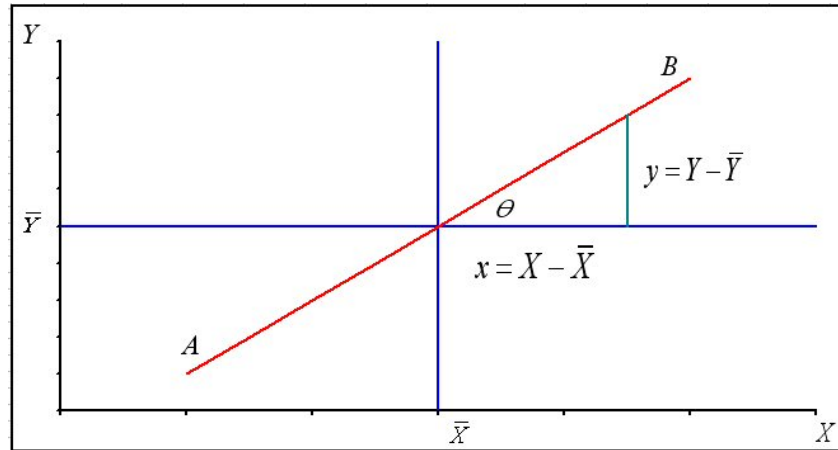


Figura 2.11 – Correlação Positiva Perfeita

Fonte: Produzido pelo autor

Na **Figura 2.11** é apresentada um caso de correlação positiva perfeita entre X e Y. A linha representada pela ligação entre os pontos A e B descreve a relação entre X e Y formando um ângulo θ com a paralela $\bar{Y}\bar{Y}$ ao eixo horizontal X. Com base na trigonometria sabemos que a tangente de $\theta = \frac{y}{x}$, então $[(x)(\tan \theta)] = (y)$.

Substituindo este resultado em (2.1), teremos:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = \frac{\sum x[(x)(\tan \theta)]}{\sqrt{\sum x^2 \sum [(x)(\tan \theta)]^2}} = \frac{(\tan \theta) \cdot (\sum x^2)}{\sqrt{(\sum x^2) \cdot (\tan \theta)^2 \cdot (\sum x^2)}}$$

$$r = \frac{(\tan \theta)(\sum x^2)}{\sqrt{(\tan \theta)^2 (\sum x^2)^2}} = \frac{(\tan \theta)(\sum x^2)}{(\tan \theta)(\sum x^2)} = 1 \quad (2.6)$$

Deste modo, podemos perceber que r deve variar entre +1 e -1.

A regressão múltipla segue o mesmo raciocínio do que a regressão simples, porém, associa mais do que uma variável independente à mesma variável dependente.

b) Modelos Econométricos

Tanto no modelo de regressão simples como no modelo de regressão múltipla, observa-se a existência de apenas uma equação. Isto significa que todos os elementos da mesma equação estão sendo tratados de forma endógena.

Tomando o exemplo da regressão múltipla, existem muitas coisas que interferem uma determinada variável. Quando tratamos determinadas variáveis de uma forma endógena, apenas consideramos os resultados desta variável e deixamos de lado tudo o que interfere nesta variável. Por exemplo, se levarmos em consideração a variável "propaganda" numa equação de regressão múltipla hipotética, não estaríamos levando em consideração os custos de mídia e outros fatores exógenos ao modelo.

Num modelo econométrico são consideradas tanto as variáveis endógenas como as variáveis exógenas e, teoricamente, as equações econométricas refletem os resultados com maior precisão. Porém, são modelos muito complicados, que necessitam ajuda de computador e de especialistas em estatísticas.

Todo modelo econométrico necessita que alguns pressupostos sejam atendidos para que o mesmo seja considerado um modelo robusto. Dentre os pressupostos de uma análise de dados em corte e tomando como base um modelo do tipo $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i$ podemos citar:

1) O termo de erro u_i tem valor médio de zero, ou:

$$E(u_i | X_{2i}, X_{3i}) = 0 \text{ para cada } i; \quad (2.7)$$

2) Covariância igual a zero entre u_i e cada variável X , ou;

$$\text{cov}(u_i, X_{2i}) = \text{cov}(u_i, X_{3i}) = 0; \quad (2.8)$$

3) Heterocedasticidade

Segundo *Gujarati* (2000), uma das premissas importantes do modelo de regressão, extensível aos modelos econométricos, é que a variância de cada termo erro μ_i , condicionado aos valores selecionados das variáveis explicativas é algum número constante igual a σ^2 . Em outras palavras, que o espalhamento dos erros seja igual a variância. Simbolicamente podemos representar a homocedasticidade por:

$$E(u_i^2) = \sigma^2 \text{ onde } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.9)$$

Segundo *Mymbaev & Lemos* (2004), o problema da heterocedasticidade se manifesta em vários modelos de regressão de corte transversal devido ao agrupamento de dados sobre unidades econômicas de tamanhos diferentes. Exemplificando, uma análise que agrupe dados sobre o consumo mensal dos moderadores por bairro que não estratifique bairros ricos de bairros pobres, estará fadada a incorrer em heterocedasticidade.

Hendry (1995), reforça que a heterocedasticidade pode também decorrer de (1) a incorreta transformação dos dados (por exemplo, transformações proporcionais ou de primeira diferença) e (2) formas funcionais incorretas (caso de modelos lineares *versus* log-lineares)

Gujarati (2000) apresenta um rol de formas de identificação da presença de heterocedasticidade que varia desde a identificação gráfica até testes mais elaborados baseados, em sua maioria, na análise dos erros estimados. Dentre os testes apresentados um dos mais populares é o teste de White, que será descrito a seguir.

Segundo *Gujarati* (2000), de forma diferente do teste de *Goldfeld-Quandt*, que exige o reordenamento das observações em relação à variável X que se supõe seja

a causa da heterocedasticidade, ou do teste de *Breusch-Pagan-Godfrey*, que está ligado à premissa de normalidade, o teste geral de heterocedasticidade proposto por *White* não depende da premissa de normalidade e é de fácil aplicação.

Supondo um modelo do tipo:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i \quad (2.10)$$

O teste é aplicado da seguinte forma:

i) Etapa 1. Estimar (2.8), a partir dos dados e obter os resíduos, $\hat{u}_i$.

ii) Etapa 2. Calcular a seguinte regressão auxiliar:

$$\hat{u}_i^2 = \alpha_1 + \alpha_2 X_{2i} + \alpha_3 X_{3i} + \alpha_4 X_{2i}^2 + \alpha_5 X_{3i}^2 + \alpha_6 X_{2i} X_{3i} + v_i \quad (2.11)$$

É feita uma regressão dos quadrados dos resíduos da regressão original contra as variáveis ou regressores X originais, seus valores elevados ao quadrado e os produtos cruzados dos regressores.

iii) Etapa 3. Obter o R^2 da regressão auxiliar da etapa anterior.

iv) Etapa 4. Tomando como base a hipótese nula de que não há heterocedasticidade, pode-se demonstrar que o tamanho da amostra (n) multiplicado pelo R^2 da regressão auxiliar segue assintoticamente a distribuição de *qui-quadrado* com um número de graus de liberdade igual ao número de regressores (excluído o termo constante) da regressão auxiliar. Isto é,

$$n.R^2 \approx \chi_{df}^2 \quad (2.12)$$

Onde gl é definido anteriormente.

v) **Etapa 5.** Se o valor de qui-quadrado obtido em (2.10) for superior ao valor crítico de qui-quadrado tabelado no nível de significância selecionada, conclui-se que há heterocedasticidade. Se ficar abaixo, não há heterocedasticidade, o que equivale a dizer que os erros estimados de (2.9) são homocedásticos.

4) Multicolinearidade

O termo multicolinearidade foi utilizado pela primeira vez por Frisch (1934) e refere-se à relação linear entre duas ou mais variáveis explicativas, componentes de um modelo.

Supondo a regressão de k variáveis envolvendo as variáveis explicativas $X_1, X_2, \dots, X_k$, onde X_1 é o intercepto, podemos dizer que existe uma relação linear exata uma vez que a seguinte condição é satisfeita:

$$\lambda_1 X_1 + \lambda_2 X_2 + \dots + \lambda_k X_k = 0 \quad (2.13)$$

onde $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ são constantes de forma que nem todos sejam simultaneamente iguais a zero.

Segundo Gujarati (2000), na prática as possibilidades de se obter uma amostra com valores em que os regressores estejam relacionados da maneira descrita é muito pequena, a não ser que propositadamente. Isso pode ocorrer em situações em que o número de observações seja menor que o número de regressores ou mesmo na utilização de variáveis *dummy*³.

Atualmente o termo *Multicolinearidade* é utilizado no sentido de definir não a relação linear exata entre os regressores mas também para definir os casos onde existe algum intercorrelacionamento entre as variáveis explicativas, conforme segue:

³ Ver Gujarati (2000): 529-532

$$\lambda_1 X_1 + \lambda_2 X_2 + \dots + \lambda_k X_k + v_i = 0 \quad (2.14)$$

Onde v_i é um termo de erro estocástico.

Suponhamos que a relação a ser estimada é dada por:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + u \quad (2.15)$$

Estimando os coeficientes, teremos:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{(\sum x_1 y)(\sum x_2^2) - (\sum x_2 y)(\sum x_1 x_2)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (2.16)$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{(\sum x_2 y)(\sum x_1^2) - (\sum x_1 y)(\sum x_1 x_2)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (2.17)$$

Suponha que $X_2 = \lambda X_1$ (2.18), sendo λ uma constante diferente de zero.

Substituindo (2.18) em (2.16) e (2.17) teremos:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{(\sum x_1 y)(\sum (\lambda x_1)^2) - (\sum \lambda x_1 y)(\sum x_1 \lambda x_1)}{(\sum x_1^2)(\sum (\lambda x_1)^2) - (\sum x_1 \lambda x_1)^2}$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{(\sum \lambda x_1 y)(\sum x_1^2) - (\sum x_1 y)(\sum x_1 \lambda x_1)}{(\sum x_1^2)(\sum (\lambda x_1)^2) - (\sum x_1 \lambda x_1)^2}$$

Colocando λ em evidência e arrumando os termos, teremos:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\lambda^2 (\sum x_1 y)(\sum x_2^2) - \lambda^2 (\sum x_1 y)(\sum x_1^2)}{\lambda^2 (\sum x_1^2)^2 - \lambda^2 (\sum x_2)^2} = \frac{0}{0} \quad (2.19)$$

$$\hat{\beta}_2 = \frac{\lambda(\sum x_1 y)(\sum x_1^2) - \lambda(\sum x_1 y)(\sum x_1^2)}{\lambda^2(\sum x_1^2)^2 - \lambda^2(\sum x_2)^2} = \frac{0}{0} \quad (2.20)$$

Colocando pode ser visto em (2.19) e (2.20), uma vez que existe *multicolinearidade* entre as variáveis explicativas do modelo, é impossível identificar valores separados para cada estimador.

Substituindo (2.18) em (2.15) teremos:

$$\begin{aligned} y &= \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (\lambda x_1) + \hat{u} \\ y &= \beta_0 + (\hat{\beta}_1 + \lambda \hat{\beta}_2) x_1 + \hat{u} \\ y &= \beta_0 + \hat{\alpha} x_1 + \hat{u} \text{ onde } \hat{\alpha} = (\hat{\beta}_1 + \lambda \hat{\beta}_2) \end{aligned} \quad (2.21)$$

Como pode ser visto em (2.21), embora sendo possível estimar alfa, não é possível estimarmos valores únicos para β_1 e β_2 , tendo em vista sua interdependência.

Outra forma de demonstrarmos a influência da *multicolinearidade* é analisando a variância dos parâmetros estimados. Tomando como base (2.15) as variâncias de β_1 e β_2 serão dadas por:

$$\text{var}(\hat{\beta}_1) = \sigma_u^2 \frac{\sum x_2^2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (2.22)$$

$$\text{var}(\hat{\beta}_2) = \sigma_u^2 \frac{\sum x_1^2}{\sum x_1^2 \sum x_2^2 - (\sum x_1 x_2)^2} \quad (2.23)$$

Substituindo (2.15) em (2.22), teremos:

$$\text{var}(\hat{\beta}_1) = \sigma_u^2 \frac{\lambda^2 \sum x_1^2}{\lambda^2 \sum x_1^2 \sum x_1^2 - \lambda^2 (\sum x_1^2)^2} = \frac{\sigma_u^2 \sum x_1^2}{0} \quad (2.24)$$

Como pode ser visto em (2.24), quando existe a presença de *multicolinearidade* entre as variáveis explicativas, os valores das variâncias tendem ao infinito.

Em suma, segundo Gujarati (2000), em termos práticos, a *multicolinearidade* provoca os seguintes problemas:

- i) Tomando como base o modelo (2.15), as variâncias e covariâncias de $\hat{\beta}_1$ e $\hat{\beta}_2$ são dadas por:

$$\begin{aligned} \text{var}(\hat{\beta}_1) &= \frac{\sigma^2}{\sum x_1^2 (1 - r_{12}^2)} \\ \text{var}(\hat{\beta}_2) &= \frac{\sigma^2}{\sum x_2^2 (1 - r_{12}^2)} \\ \text{cov}(\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2) &= \frac{-r_{12} \sigma^2}{(1 - r_{12}^2) \sqrt{\sum x_1^2 \sum x_2^2}} \end{aligned} \quad (2.25)$$

Como pode ser visto em (2.25), quanto maior a correlação entre X_1 e X_2 (r_{12}), maiores serão os valores das variâncias e covariâncias, dificultando uma estimativa precisa.

- ii) Como consequência das variâncias e covariâncias inflacionadas, os intervalos de confiança tendem a ser maiores, resultando na aceitação da hipótese de que o verdadeiro coeficiente da população é zero e resultando num erro do tipo II.
- iii) Também como consequência das variâncias e covariâncias inflacionadas, o teste estatístico para a verificação da representatividade dos coeficientes estimados apresentará o resultado de que estes são estatisticamente insignificantes. Isto pode ser comprovado a partir do conceito de que a estatística t é resultante de $\hat{\beta} / \text{Erro Padrão}_{\hat{\beta}}$ e que como valor do erro padrão aumenta de forma drástica quando existe *multicolinearidade*, o valor da estatística calculada será muito pequeno e afetará a avaliação da significância dos parâmetros estimados.

iv) Outra consequência é a obtenção de um coeficiente de determinação muito alto, uma vez que este é dado por:

$$R^2 = 1 - \frac{VR}{VT} \quad (2.26)$$

Onde a variação total acaba sendo impactada diretamente pelo aumento drástico dos erros padrão.

Isto afeta diretamente o teste para verificação da representatividade do modelo, baseado na estatística F , como pode ser visto:

$$F_{\text{Calculado}} = \frac{\frac{VE}{k}}{\frac{VR}{n-k-1}} \quad (2.27)$$

Esta distorção ocorre tendo em vista também o aumento demasiado da variação residual, que é resultado do aumento do erro padrão, fazendo com que o resultado da estatística F aponte para uma conclusão de que não existe regressão.

Glauber-Farrar (1967) propuseram uma forma de testar três aspectos importantes relacionados à multicolinearidade: a extensão, a localização e o padrão da *multicolinearidade*, conforme segue.

i) **Teste para detectar a extensão da *multicolinearidade***

Este teste baseia-se na hipótese de que, caso exista perfeita *multicolinearidade*, o coeficiente de correlação simples $r_{x_1x_2}, r_{x_2x_3} \dots r_{x_ix_j}$ é igual à unidade e consequentemente do determinante da matriz dos coeficientes é igual a zero (2.28a – exemplo para duas variáveis explicativas). Por outro lado, em caso de ortogonalidade entre as variáveis explicativas, o coeficiente de correlação simples entre cada par de variáveis é igual a zero e consequentemente o valor do determinante da matriz dos coeficientes é igual a um (2.28b – exemplo para duas variáveis explicativas).

$$\begin{pmatrix} 1 & r_{x_1x_2} \\ r_{x_1x_2} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} = 0 \quad (2.28a) \qquad \begin{pmatrix} 1 & r_{x_1x_2} \\ r_{x_1x_2} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = 1 \quad (2.28b)$$

O teste utiliza-se da estatística χ^2 calculada pela seguinte expressão:

$$\chi^2 = -[n - 1 - 1/6 \cdot (2k + 5)] \cdot L \cdot \det \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & & r_{2k} \\ \vdots & & & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.29)$$

onde :

n = tamanho da amostra

k = número de variáveis explicativas

Ln = log. neperiano

$\det$ = determinante

r_{ij} = coef. de correlação simples entre X_i e X_j

A estatística χ^2 crítica é encontrada utilizando-se $[k(k-1)]/2$ graus de liberdade.

As hipóteses são formuladas da seguinte forma:

H_0 : As variáveis X são ortogonais

H_1 : As variáveis X não são ortogonais

Se o valor calculado da estatística obtida a partir de (2.29) for superior ao valor da estatística tabelada, rejeita-se **H_0** e conclui-se que as variáveis não são ortogonais e, conseqüentemente, existe a presença de multicolinearidade.

ii) Teste para identificar a localização da *multicolinearidade*

Este teste objetiva identificar quais variáveis são mais afetadas pela *multicolinearidade*. Para tanto, é utilizada a estatística **F** calculada pela seguinte expressão:

$$F = \frac{\frac{R_{i.1,2,...k}^2}{k-1}}{\frac{1-R_{i.1,2,...k}^2}{n-k}} \text{ onde } (i \neq 1,2,...k) \quad (2.30)$$

Os índices denotam as variáveis $X_i (i = 1,2,...k)$ e $R_{i.1,2,...k}^2$ indicando os coeficientes de determinação correspondentes à regressão X_i em relação às demais variáveis explicativas; n é o tamanho da amostra e k é o número de variáveis explicativas.

A estatística F crítica é encontrada utilizando-se $k-1$ e $n-k$ graus de liberdade.

As hipóteses são formuladas da seguinte forma:

H_0 : A variável X_i não é afetada pela *multicolinearidade* ($R_{i.1,2,...k}^2 = 0$)

H_1 : A variável X_i é afetada pela *multicolinearidade* ($R_{i.1,2,...k}^2 \neq 0$)

Se o valor calculado da estatística obtida a partir de (2.30) for superior ao valor da estatística tabelada, rejeita-se H_0 e conclui-se que a variável em análise é colinear.

iii) Teste para identificar o padrão de *multicolinearidade*

Este teste objetiva identificar qual (is) variável (eis) é (são) responsável (eis) pelo efeito indesejado. Utiliza-se a estatística t que é calculada pela seguinte expressão:

$$t = \frac{(r_{X_i X_j \dots X_k}) \sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r_{X_i X_j \dots X_k}^2}} \quad (2.31)$$

Onde $r_{X_i X_j \dots X_k}^2$ é o coeficiente de correlação parcial; n é o tamanho da amostra e k é o número de variáveis explicativas. Para o caso de um modelo com três variáveis explicativas, o coeficiente de correlação parcial é dado por:

$$\begin{aligned}
r_{x_1x_2 \cdot x_3}^2 &= \frac{(r_{x_1x_2} - r_{x_1x_3} \cdot r_{x_2x_3})^2}{(1 - r_{x_2x_3}^2) - (1 - r_{x_1x_3}^2)} \\
r_{x_1x_3 \cdot x_2}^2 &= \frac{(r_{x_1x_3} - r_{x_1x_2} \cdot r_{x_2x_3})^2}{(1 - r_{x_2x_3}^2) - (1 - r_{x_1x_2}^2)} \\
r_{x_2x_3 \cdot x_1}^2 &= \frac{(r_{x_2x_3} - r_{x_1x_2} \cdot r_{x_1x_3})^2}{(1 - r_{x_1x_3}^2) - (1 - r_{x_1x_2}^2)}
\end{aligned} \tag{2.32}$$

A estatística t crítica é encontrada utilizando-se $n-k$ graus de liberdade.

As hipóteses são formuladas da seguinte forma:

H_0 : O par de variáveis X_i X_j é responsável pela *multicolinearidade*
 $(r_{x_ix_j \cdot x_1 \dots x_k} = 0)$

H_1 : O par de variáveis X_i X_j não é responsável pela *multicolinearidade*
 $(r_{x_ix_j \cdot x_1 \dots x_k} \neq 0)$

Se o valor calculado da estatística obtida a partir de (2.32) for superior ao valor da estatística tabelada, aceita-se H_0 e conclui-se que o coeficiente de correlação parcial entre as variáveis X_i X_j é significativo e estas são responsáveis pela *multicolinearidade* na função.

Quando a análise das variáveis denota que a *multicolinearidade* está afetando seriamente o modelo é necessário tomar alguma medida corretiva que minimize o impacto desse problema. Segundo Gujarati (2000), não existe uma orientação infalível para o tratamento da *multicolinearidade*, uma vez que se trata essencialmente de um problema da amostra.

No entanto, existem algumas regras práticas que podem fornecer um resultado satisfatório, dependendo da gravidade do problema. Descreveremos algumas dessas regras a seguir.

i) Informação a priori

Diz respeito a incorporar informações obtidas a partir de trabalhos anteriores ou mesmo da própria teoria associada ao fenômeno em estudo no sentido de minimizar os efeitos da *multicolinearidade*.

Exemplificando, suponhamos o seguinte modelo:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i \quad (2.33)$$

Suponhamos que a partir de um estudo anterior é possível obter que $\beta_3 = 0,10\beta_2$ (2.34). Substituindo (2.34) em (2.33) teremos:

$$\begin{aligned} Y_i &= \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + 0,10\beta_2 X_{3i} + u_i \\ Y_i &= \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i \end{aligned} \quad (2.34)$$

Onde $X_i = X_{2i} + 0,1X_{3i}$

ii) Combinação de dados cross-section e séries temporais

Diz respeito a incorporar, num modelo baseado em séries temporais, informações obtidas sobre algum dos parâmetros a partir de uma análise de dados cross-section. Exemplificando, equivaleria a obter a relação (2.34) a partir de uma análise cross-section e substituí-la no modelo (2.32) que teria sido obtido a partir de uma análise de séries temporais.

iii) Eliminação de variáveis

Diz respeito a excluir do modelo as variáveis que são responsáveis pela multicolinearidade. Apesar de ser a solução mais simples, essa medida pode resultar na especificação incorreta do modelo e necessita de muita cautela para evitar que a estimativa obtida seja viesada.

iv) Transformação das variáveis

Diz respeito a transformar, para um modelo em séries temporais, o modelo inicial num modelo na forma de primeira diferença.

Em outras palavras, significa subtrair do modelo atual, no tempo t , o modelo no tempo $t-1$, obtendo um novo modelo baseado na diferença entre t e $t-1$.

Segundo *Gujarati* (2000), esse tipo de transformação pode causar correlação serial entre os resíduos, o que pode comprometer o modelo gerado.

v) Dados adicionais ou novos

Diz respeito a incorporar à amostra inicial novos dados aumentando o tamanho da amostra total. Em geral, este tipo de medida permite reduzir os efeitos da *multicolinearidade*, uma vez que o problema está intimamente ligado à *micronumerosidade*.

vi) Outros métodos

Técnicas estatísticas *multivariadas*, como *análise fatorial* e *componentes principais*, ou técnicas como regressão de topo, são frequentemente empregadas para reduzir o impacto da *multicolinearidade* sobre um modelo.

2.4. GESTÃO BASEADO EM ATIVIDADES (ACTIVITY BASED MANAGEMENT – ABM)

O ABM é definido pelo glossário do *Consortium for Advanced Manufacturing-International* – CAM-I como uma disciplina que se concentra na gestão das atividades como o caminho para a melhoria do valor recebido pelo cliente e dos lucros alcançados com o fornecimento desse, envolvendo a análise dos geradores de custos, a análise das atividades e a medição de desempenho.

Savage e *Holst* (2000) mencionam que desde os anos 90 várias empresas adotaram as abordagens de custeio e gestão baseada em atividades para controlar custos e ajudar a melhorar o desempenho de seus negócios. Estes esforços aconteceram em empresas como a Hallmark, a Tampa Electronic Company, a John Deere, a American Express Inc. e a USPS abrangendo empresas de vários portes, focos e ramos de negócio.

Segundo os mesmos autores, o ABM parte da identificação de atividades, negócios e processos; definição da medição da produção, produtos, dos atributos da atividade; e

identificação das atividades geradoras de custos envolvendo o mapeamento dos processos e a documentação da seqüência de etapas que as diferentes unidades funcionais empreendem para converter entradas em saídas a partir de um processo específico. Esquemáticamente podemos traduzir a interação entre o ABM e a estratégia empresarial a partir da **Figura 2.10**.

Segundo Nakagawa (1994), o ABM, também conhecido como *focused management*, vem sendo reconhecido como elemento indispensável à implementação com sucesso da reengenharia de processos, gestão de processos de qualidade total, decisões de investimentos em tecnologias avançadas de produção, avaliação de desempenhos operacionais e econômicos que tornem a empresa de classe mundial, uma vez que permite aos gestores a visão focalizada dos problemas que ocorrem em nível operacional, relacionados com a criação de valor para os clientes, e dos que ocorrem em nível de decisões de natureza econômica, relacionados com a otimização de retornos para os investidores.

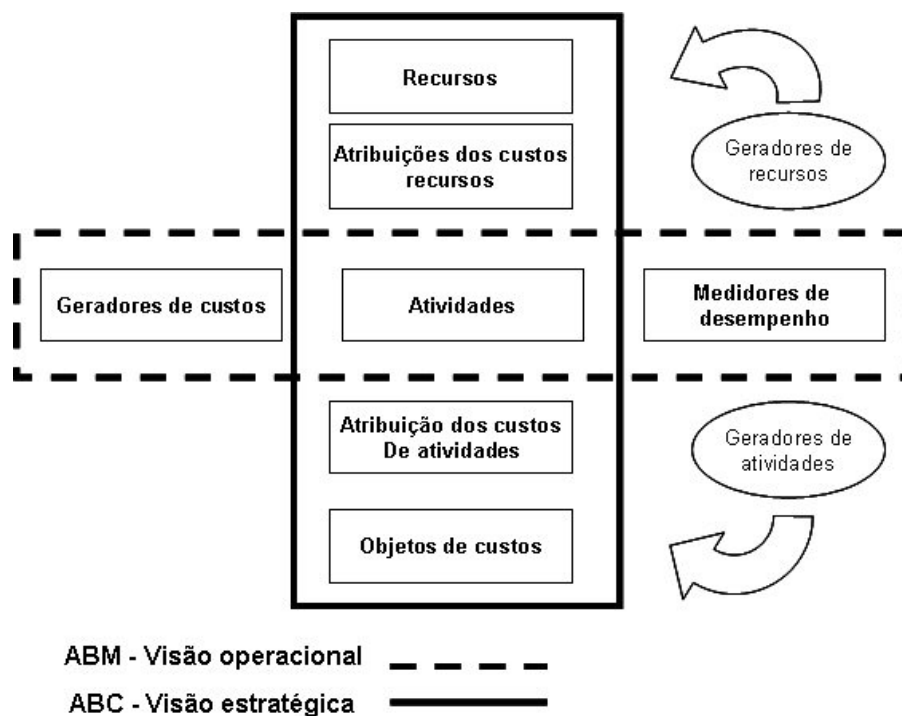


Figura 2.12 – Representação esquemática da interação entre o ABC e o ABM

Fonte: Adaptado de Player & Marx (2000)

2.5. ASPECTOS GERAIS DA TEORIA DA DEMANDA

O estudo da demanda diz respeito à teorização do comportamento dos compradores e tem como objetivo precípua identificar as variáveis que atuam sobre este comportamento, bem como de que forma tais variáveis intervêm no processo de compra. Com base nos princípios da teoria da demanda é possível elaborar modelos que permitem prever o comportamento do comprador uma vez que ocorre alguma variação em alguma das variáveis.

Segundo *Pyndick & Rubinfeld* (2004), a curva de demanda informa-nos a quantidade que os consumidores desejam comprar à medida que muda o preço unitário. Podemos escrever essa relação entre a quantidade demandada e os preços como uma equação:

$$Q_d = Q_d(P) \quad (2.35)$$

Os consumidores geralmente estão dispostos a comprar quantidades maiores se o preço está mais baixo. Por outro lado, a quantidade demandada pode também depender de outras variáveis, tais como a renda, o clima e o preço de outros bens (substitutos ou complementares)⁴.

Samuelson & Nordhaus (1999) acrescentam que a quantidade procurada para um dado preço é influenciada por um amplo conjunto de fatores: os níveis médios de rendimento, a dimensão da população, os preços e a disponibilidade de outros bens que eles estejam relacionados, os gostos individuais e da sociedade e as influências específicas.

- a) O rendimento médio dos consumidores é um determinante essencial da procura. Com o aumento dos seus rendimentos, os indivíduos tendem a comprar uma maior quantidade de quase tudo, mesmo sem alteração dos preços.
- b) A dimensão do mercado, medida pela população, afeta nitidamente a curva da demanda do mercado.

⁴ Os bens são substitutos quando um aumento no preço de um deles produz um aumento na quantidade demandada de outro. Os bens são complementares quando um aumento no preço de um deles leva a um acréscimo na quantidade demandada do outro. *Pyndick & Rubinfeld* (2004)

- c) Os preços e a disponibilidade dos bens relacionados influenciam a procura de um bem. Existe uma relação, que é especialmente importante, entre bens substitutos uns dos outros. A demanda por um bem A tende a diminuir se o preço do bem substituto B baixar.
- d) Além destes elementos objetivos existe um conjunto de elementos subjetivos designados por gosto ou preferências. Os gostos representam uma variedade de influências culturais e históricas.
- e) Há influências específicas que afetam a demanda de bens específicos. Em geral são representadas pelas expectativas dos consumidores seja quanto às condições econômicas futuras.

Handerson & Quandt (1988), reforçam que uma função de demanda ordinária do consumidor (também chamada função de demanda *marshalliana*) apresenta as aquisições de uma mercadoria como função dos preços e da renda do consumidor. As funções de demanda ordinárias são chamadas simplesmente de funções de demanda, a não ser que seja necessário distingui-las de outro tipo de função de demanda.

CAPÍTULO 3

ESTUDO E QUANTIFICAÇÃO DAS CENTRAIS DE DISTRIBUIÇÃO

A modelagem de um sistema inicia-se sempre com uma abstração simplificada do problema, de forma a identificar as principais variáveis que incidem no comportamento do sistema. Isso requer a análise de um caso real para formular o problema e estruturar um modelo que permitisse determinar o número de centrais de distribuição (CD) adequado em uma região qualquer. Assim, a proposta metodológica neste capítulo foi, primeiro selecionar um *courrier* e logo, com base nas informações levantadas nesse *courrier*, delinear o modelo de quantificação de CDs, considerando que o número de encomendas será uma variável de decisão que estará em função de variáveis sócio-econômicas da região, além do número de habitantes. A análise dessas variáveis será o tema do próximo capítulo.

3.1. SELEÇÃO DO *COURRIER*

Com base nas informações obtidas dos *players* foram contatados os maiores, considerando que eles caracterizam significativamente uma empresa típica do setor. Indagou-se com a alta administração dos respectivos *players* sua disposição para fornecer dados pertinentes à pesquisa assim como permitir a utilização da metodologia de mensuração de custos ABC (*Activity-Based Cost*) e emprestar o nome da empresa para representar o estudo de caso da presente pesquisa.

Após vários contatos com as referidas empresas, foi selecionada a Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT), devido a ser a que apresentou maior motivação com os objetivos da pesquisa colocando à disposição seus dados, desde que aqueles não prejudicassem competitivamente à empresa.

O Serviço de Encomenda Postal Nacional dos Correios classifica-se em duas categorias, de acordo com o Manual de Comercialização e Atendimento/MANCAT 6/6 - ECT:

- a) Serviço de Encomenda Normal: neste tipo de serviço as encomendas são encaminhadas e entregues com prioridade igual a dos objetos não urgentes;

- b) Serviço de Encomenda Expressa: neste serviço as encomendas são encaminhadas e entregues com prioridade igual ou superior a dos objetos urgentes.

Tabela 3.1 – Participação no Mercado de Encomendas Fracionadas

Empresas	Participação de Mercado
Correios	26,5%
Braspress	4,7%
VASP	4,6%
VARIG	2,7%
Mercúrio	2,5%
Ramos	2,2%
Cometa	1,8%
Itapemirim	1,7%
JAMEF	1,6%
TAM	1,5%
FEDEX	0,9%
Outras	49,3%
Total	100%

Fonte: Pesquisa CEPA/UFRGS (2005)

Os objetos postados no Serviço de Encomenda Expressa que estiverem acondicionados em envelope, cujo conteúdo seja constituído, exclusivamente, de papéis e/ou documentos, serão classificados como SEDEX Documento, enquanto os demais serão considerados SEDEX Encomenda.

O portfólio da ECT para o mercado de encomendas é formado pelos serviços apresentados na Tabela 3.2 e está estruturado de modo a procurar atender às necessidades inerentes a esse segmento, obtendo vantagem competitiva a partir do atendimento de fatores chaves de sucesso, tais como:

- Preços competitivos
- Cumprimento de prazos
- Agilidade da informação na entrega
- Solução completa de logística integrada
- Cobertura

Tabela 3.2 - Portafólio da ECT

Serviço	Público-alvo	Características Principais
SEDEX Convencional	Pessoas físicas e jurídicas em geral	Prazo: D+1 a D+3 no horário comercial Abrangência: Nacional Conteúdo: Documentos e mercadorias
SEDEX Hoje	Pessoas jurídicas	Prazo: D+0 Abrangência: Conteúdo: Documentos e mercadorias
SEDEX Mesmo Dia	Pessoas jurídicas	Prazo: D+0 Abrangência: Local Conteúdo: Documentos e mercadorias
SEDEX VIP	Pessoas jurídicas	Prazo: D+0 até às 16:00 h Abrangência: Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro e São Paulo Conteúdo: Documentos
e-SEDEX	Pessoas jurídicas	Prazo: D+0 a D+1 no horário comercial Abrangência: Nacional Conteúdo: Mercadorias do e-commerce
SEDEX 10	Pessoas físicas e jurídicas em geral	Prazo: D+1 até às 10:00 h Abrangência: Nacional Conteúdo: Documentos e mercadorias

Fonte: DICOM- Diretoria Comercial/ECT

3.2. AS CENTRAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS DA ECT

A rede logística dos Correios é composta por quatro grandes unidades: atendimento, tratamento, transporte e distribuição (Figura 3.1). Na última etapa da cadeia logística encontram-se os Centros de Entregas de Encomendas – CEEs que são, por sua vez, as unidades responsáveis pelas atividades de coleta e entrega de encomendas na área urbana, ou seja, são as unidades que fazem com que as encomendas cheguem ao destinatário.

Cada CEE tem uma área de abrangência claramente definida e representada por uma ou mais faixas de CEP (Código de Endereçamento Postal), que depende do número de pontos de coleta e da extensão da área dos logradouros a ser coberta. Dessa forma, cada CEE compreende um conjunto de zonas de entrega, denominados pela ECT de Distritos de Coleta e Entrega - DCE. Em outras palavras, são as rotas percorridas pelos carteiros a pé ou motorizados, dentro de suas jornadas úteis de trabalho, conforme representado na Figura 3.2.

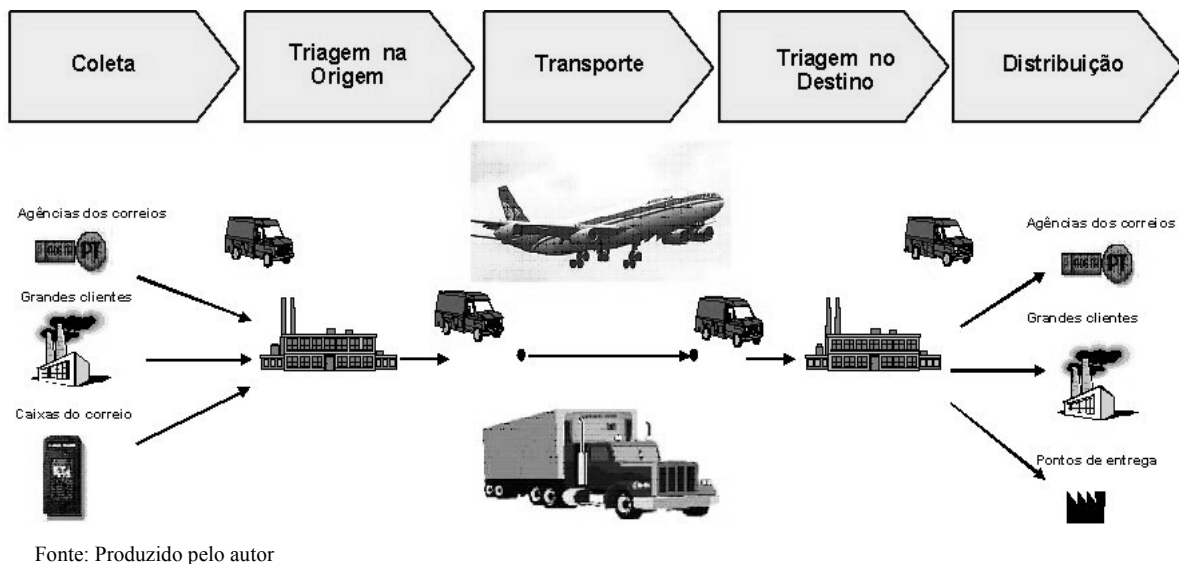


Figura 3.1 – Fluxo Postal Simplificado

Essas rotas são pré-estabelecidas a partir de um estudo de roteirização efetuado a cada seis meses, intitulado distritamento. O estudo é elaborado em função da quantidade estimada de encomendas a serem entregues na área de cobertura de todos os DCE, quantidade que é calculada com base na população dessa área. A estimação dessa demanda a partir de uma única variável (população) foi o que motivou a realização desta pesquisa uma vez que a teoria econômica (ver item 2.5) indica que podem existir outras variáveis que também influenciam o comportamento da demanda.

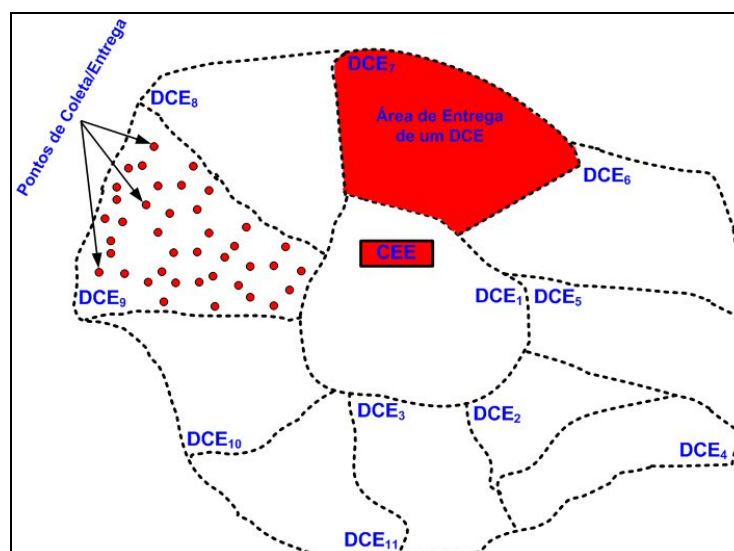


Figura 3.2 – Representação Esquemática de um CEE

Fonte: Produzido pelo autor

A ocupação e uso do solo podem impactar diretamente a demanda por coleta/entrega de encomendas dentro da área de um DCE. A título de exemplo, pode-se citar a situação em que é formado algum tipo de aglomeração, como um condomínio residencial ou um conjunto comercial, na região de abrangência de um DCE. Nesse caso, a aglomeração pode gerar um volume maior de encomendas a serem coletadas/entregues, desbalanceando a relação entre demanda e capacidade de atendimento do DCE.

3.2.1. Estudo do Distritamento

O estudo de distritamento baseia-se na estimativa de encomendas por CDD e no total de atividade que este realiza, tanto internas como externas à instalação física. Assim, as atividades de um CEE podem ser classificadas em internas e externas. As atividades internas são mais constantes e sistemáticas, entretanto, as atividades externas dependem do meio de locomoção, da extensão da área a ser atendida e do número de encomendas.

- As atividades internas resumidamente, são:
 - o *Triagem de distribuição*, que diz respeito à separação dos objetos recebidos pelo DCE;
 - o *Separação por logradouro*, corresponde à separação dos objetos de um DCE por logradouros e/ou trechos de logradouros;
 - o *Ordenamento* refere-se ao sequenciamento das encomendas dentro da ordem de entrega;
 - o *Prestação de contas*, que diz respeito à checagem dos objetos no retorno ao CEE.
 - o As atividades internas
- As atividades externas são:
 - o *Percurso improdutivo relaciona-se ao percurso compreendido entre o CEE e o primeiro ponto de coleta/entrega do DCE somada à distância percorrida entre o último ponto de coleta/entrega do DCE ao CEE.*
 - o *Percurso produtivo compreende o percurso propriamente feito entre o total de pontos de coleta/entrega do DCE.*

3.2.2. Avaliação do Distritamento

O interessante do estudo é a confrontação de dois aspectos atuais que muitas empresas enfrentam: a qualidade e a precisão com que os dados relativos a tempo são registrados

devido às modernas tecnologias de medição; e o empirismo utilizado na modelagem, onde tem um grande valor a intuição e a experiência do analista. Os tempos referentes a cada uma das atividades são calculados com bastante precisão, e os roteiros vão ajustando-se continuamente em função desses tempos. Portanto, quando é detectado que a quantidade de encomendas destinadas à área de atendimento de um DCE está acima da sua capacidade de coleta/distribuição, são tomadas medidas no sentido de ajustar o roteiro do mesmo, de forma a balancear a relação entre a demanda e a capacidade. Estes ajustes podem resultar tanto no aumento quanto na redução da área de um DCE, respeitando a área de abrangência do CEE.

Essa avaliação é efetuada em função a um indicador que mede a quantidade de objetos que não foram coletados e/ou distribuídos no prazo no prazo estabelecido no DCE em análise. Isso serve para delinear as ações e medidas que devem ser tomadas para lograr o equilíbrio entre a demanda e a capacidade de trabalho do DCE. Uma das medidas mais utilizadas é o redistributamento, que consiste no re-balanceamento do DCE por meio de um novo distritamento.

3.2.3. Análise dos Métodos de Previsão Utilizados na Definição das Centrais de Distribuição de Encomendas

Anualmente, a ECT avalia o grau de adequação da estrutura de distribuição disponível com o intuito de verificar se estão sendo atendidos os prazos e os padrões de qualidade estabelecidos conforme o planejamento estratégico da empresa. O processo de avaliação consiste definir a quantidade viável de centros de distribuição de uma região e logo compará-la com a estrutura existente.

Essa definição está baseada na previsão de demanda por encomendas de cada município que, por sua vez, é calculada em função da quantidade de habitantes por município, ou seja, com base nos dados relativos à quantidade de habitantes, é feita a previsão da demanda por distribuição de encomendas. Dos resultados obtidos são definidas as quantidades necessárias de centros, estabelecendo, dessa forma, quais serão as alterações necessárias na estrutura da rede de distribuição existente. Da análise realizada é elaborado um plano de ação que compreende a implantação de novos centros e/ou ampliação dos mesmos para atender à demanda prevista.

3.3. FORMULAÇÃO DO MODELO DE QUANTIFICAÇÃO DE CD

Como discutido nos capítulos anteriores, uma das necessidades mais importantes para um *courrier* é quantificar o número de centros de distribuição de uma determinada região mantendo um adequado nível de serviço de atendimento aos clientes. Para atingir esse objetivo, é necessário primeiro mensurar a capacidade produtiva de um centro de distribuição em operação que mantém um bom nível de serviço, para logo, em função dessa capacidade projetar o número de centros de distribuição necessários para essa região.

O desempenho de um centro de distribuição (CD) depende da quantidade de atividades que são realizadas nele. No entanto, a quantidade de atividades realizadas pode ser diretamente influenciada pela qualidade com que estas são executadas. Por exemplo, quando os objetos são separados de forma errônea e percebe-se o engano somente no momento da distribuição, ocorrerá um re-trabalho no sentido de direcionar o objeto para o destino correto afetando, dessa forma, o nível de serviço ao cliente e o desempenho do CD.

Observa-se que as atividades do CD podem agrupar-se em três grandes etapas de trabalho: preparação, distribuição e rastreamento. A primeira etapa compreende todas aquelas atividades que dizem respeito ao processo de preparação dos objetos para a distribuição externa e que ocorrem internamente no CD. A segunda etapa consiste na distribuição dos objetos diretamente nos domicílios dos destinatários, sendo, portanto uma atividade externa ao centro de distribuição. E a terceira etapa diz respeito ao controle das entregas e alimentação de um sistema de informação de rastreamento, que, por sua vez, também é feito internamente ao CD.

A determinação das atividades da primeira etapa está diretamente ligada ao planejamento do processo interno de trabalho do CD. No entanto, o volume de trabalho desta etapa é diretamente influenciado pela estratégia de distribuição da segunda etapa. Do estudo da segunda etapa, pode-se inferir que para manter um bom nível de serviço na distribuição dos objetos é necessário considerar os meios de transporte utilizado pelos entregadores para realizar a entrega, o número de objetos a ser entregues, a densidade populacional da zona de atendimento e dos prazos de entrega solicitados pelos clientes. A definição do meio de transporte em conjunto com a densidade populacional atua diretamente sobre os

tempos de percurso e de parada e, conseqüentemente, subsidia a definição da abrangência das zonas de entrega e o número de zonas que um CD pode atender mantendo um ótimo padrão de qualidade.

A terceira etapa compreende as atividades de registro das informações relativas aos objetos entregues no sistema de informações do CD. Dentre os dados inseridos tem-se: hora, data, recebedor, endereço, entre outras. Em geral, os encarregados pela alimentação do sistema são os próprios entregadores. Estas informações servem de base para o controle de qualidade, medição do nível de serviço e retroalimentação aos clientes sobre a execução do serviço, permitindo que estes acompanhem todo o processo de distribuição.

A rigor, pode-se concluir que o problema que o *courrier* enfrenta é um problema complexo e de múltiplos objetivos. Nesse sentido, para subsidiar no processo de tomada de decisão do *courrier*, desenvolveu-se uma heurística que contemplasse todas as variáveis envolvidas no problema, assim como, permitisse integrar todos os diferentes processos e atividades das etapas de preparação e distribuição, procurando maximizar o desempenho do CD, mantendo sempre um bom nível de serviço.

3.3.1. DESENVOLVIMENTO DA HEURÍSTICA

Com o propósito de desenvolvimento da heurística se considerou um dia normal de operação de um CD, com uma demanda constante de objetos, C , a ser distribuídos por entregadores. Esses entregadores se dirigem às suas zonas de entrega por meio de veículos definidos pelo CD e são responsáveis pela entrega direta aos destinatários. Os mesmos entregadores realizam as atividades internas do CD, as quais são efetuadas ao início de cada período de trabalho. Para cada zona de entrega se estabeleceu somente um entregador e, portanto, apenas um veículo.

3.3.1.1 Cálculo dos tempos das atividades internas ao CD

Na etapa de preparação existem bem definidas cinco atividades: a recepção; a separação por rotas (triagem); a separação dos objetos por logradouro; o ordenamento dos objetos; e a prestação de contas. O tempo total dessas cinco atividades calcula-se se partindo do pressuposto de que o tempo médio gasto no processamento por objeto em cada atividade –

denominado $Coef$ – é constante para todos os objetos, portanto o tempo total consumido em cada atividade será igual ao tempo $Coef$ – específico de cada atividade – vezes o número de objetos. Assim, tem-se que:

- i) o tempo utilizado para o recebimento é $T_r = C * Coef_r$, sendo $Coef_r$ o tempo médio por objeto utilizado no recebimento;
- ii) o tempo gasto na triagem é $T_{td} = C * Coef_{td}$, sendo $Coef_{td}$ o tempo médio por objeto utilizado na triagem;
- iii) o tempo consumido na separação dos objetos por logradouros é $T_{sl} = C * Coef_{sl}$, onde $Coef_{sl}$ representa o tempo médio empregado na separação por objeto e;
- iv) o tempo gasto no ordenamento dos objetos é $T_{ord} = C * Coef_{ord}$ sendo $Coef_{ord}$ o tempo médio por objeto; e o tempo gasto na prestação de contas dos objetos é $T_{cont} = C * Coef_{cont}$ sendo $Coef_{cont}$ o tempo médio por objeto.

O tempo total da etapa de preparação ou das atividades internas no CD, TAI , é o somatório dos tempos gastos em cada atividade, ou seja,

$$TAI = C(Coef_r + Coef_{td} + Coef_{sl} + Coef_{ord} + Coef_{cont}) \quad (3.1)$$

3.3.1.2. Cálculo dos tempos das atividades externas ao CD

O tempo total da etapa de distribuição, TAE , é igual,

$$TAE = T_{pi} + T_{de} \quad (3.2)$$

Onde T_{pi} é o tempo total gasto resultante da relação entre a soma das distâncias do CD ao primeiro ponto de entrega (S_{ida}) e o deslocamento do último ponto de entrega ao CD (S_{volta}) com a velocidade média atingida nesse deslocamento (V_o); T_{de} , é o tempo total gasto pelos n entregadores no processo de entrega dos objetos a seus destinatários (ver Figura 3.3).

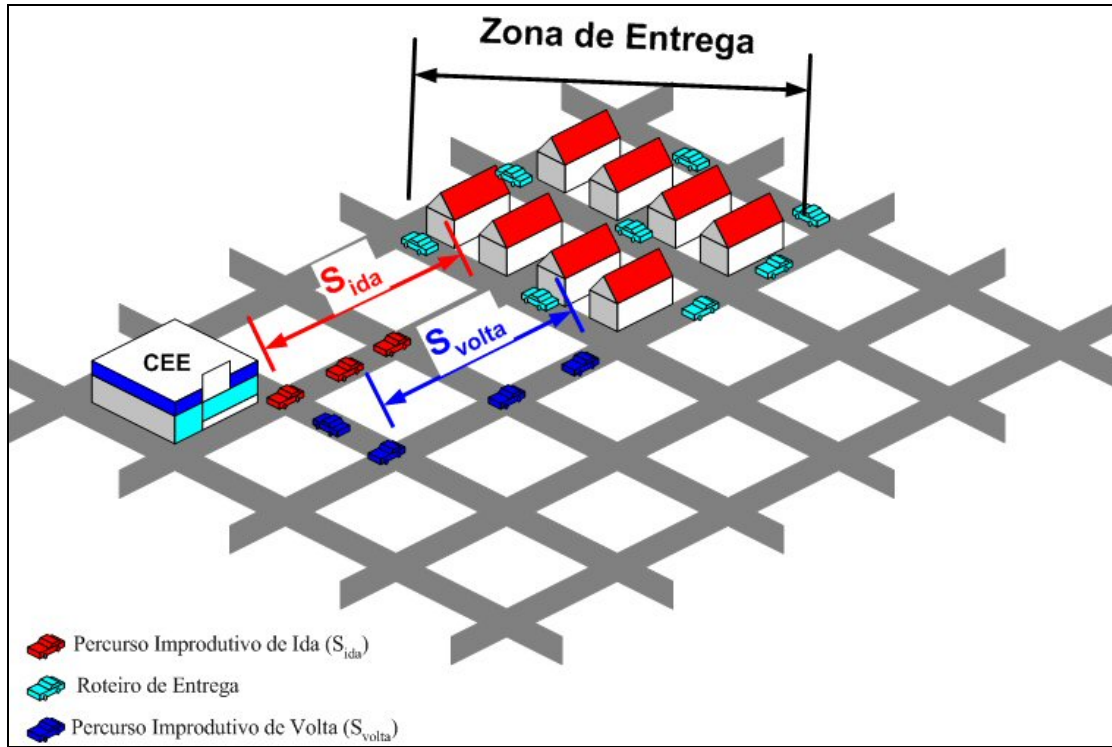


Figura 3.3 – Representação Esquemática do Percurso de Entrega em um DCE

Fonte: Produzido pelo autor

O tempo T_{pi} é a relação entre a soma de S_{ida} e S_{volta} com a velocidade média V_o atingida por eles. Assim,

$$T_{pi} = \frac{S_{ida} + S_{volta}}{V_o} \quad (3.3)$$

Para os casos em que a rede ainda não existe ou está sendo ampliada, o valor de T_{pi} deve ser definido como o tempo total máximo admitido para os deslocamentos entre o CD e cada rota.

O tempo T_{de} é o somatório dos tempos gastos pelos entregadores, T_p , para percorrer seus respectivos rotas, mais os tempos empregados, T_{pe} , em cada parada para entrega dos objetos as seus correspondentes destinatários, assim,

$$T_{de} = T_p + T_{pe} \quad (3.4)$$

O tempo T_p pode ser calculado, tanto em função da distância como em função da área. O primeiro caso utiliza-se quando se conhece a distância real total D_i percorrida pelos entregadores, assim,

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{V_z} \quad (3.5)$$

Onde, V_z é a velocidade média de deslocamento dos veículos dentro da zona de entrega, considerada constante. Caso não seja possível obter a distância real, é possível substituir D_i por,

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n k \cdot \alpha \sqrt{A \cdot q}}{V_z} \quad (3.6)$$

Onde K é um coeficiente empírico (Novaes, 2001); α é o coeficiente que transforma a distância euclidiana em distância real; A é a área da zona de entrega; e q é a quantidade de pontos de entrega nas respectivas zonas.

O tempo consumido nos pontos de parada, T_{pe} , é obtido do produto entre a densidade de objetos por ponto de parada, F , e o tempo gasto em cada ponto, T_{dd} , ou seja,

$$T_{pe} = F \cdot T_{dd} \quad (3.7)$$

F é dado pela relação entre a quantidade de objetos, C , e o número de pontos de parada, q :

$F = \frac{C}{q}$. E T_{dd} é o produto entre C e o tempo gasto para fazer a entrega de um objeto em

um domicílio, $Coef_{dd}$: $T_{dd} = C \cdot Coef_{dd}$. Portanto,

$$TAE = \left(\frac{S_{ida} + S_{volta}}{V_0} \right) + \left[\frac{C}{q} \cdot (C \cdot Coef_{dd}) \right] + \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{V_z} \quad (3.8)$$

3.3.1.3. Definição do número de rotas

Considerando um período de trabalho dos entregadores igual a H e um desempenho esperado, ρ , é possível definir o número de rotas e/ou zonas de entrega necessárias para

atender a toda a área de abrangência do CD, para o nível de serviço definido. Assim, pode-se formular a seguinte expressão:

$$\frac{TAI + TAE}{n} \leq \rho H \quad (3.9)$$

Isolando n , tem-se:

$$n \geq \frac{TAI + TAE}{\rho H} \quad (3.10)$$

3.3.1.4. Estabelecimento da restrição do número de rotas por CD

A operação de um CD implica no aporte de recursos que variam em função do tamanho do centro, ou seja, quanto maior a área de abrangência, maior o volume de recursos necessários para a operação do centro e, conseqüentemente, maiores serão os custos associados. Estes custos podem ser agrupados em custos fixos (CF) - que representa os custos administrativos, de capital, etc - e custos variáveis unitários por rota (CV) - que dizem respeito aos custos diretamente ligados à operação - que variam em função da quantidade de rotas (n), conforme a expressão:

$$C_T = CF + (n.CV) \quad (3.11)$$

Considerando que a distribuição é uma atividade que ocorre após a venda do serviço e que todos os objetos que são distribuídos são fruto dessa venda, a receita (R) é dada pelo produto entre o preço de venda (P_v) e o volume de objetos (C), segundo a expressão:

$$R = C.P_v \quad (3.12)$$

Considerando que tanto a receita (expressão 3.12) quanto o custo total (expressão 3.11), estão em função do número de rotas (n), podemos determinar o número mínimo de distritos a partir do qual é atingido o ponto de equilíbrio (ver figura 3.4). Igualando as equações 3.11 e 3.12 e isolando o número de rota (n), tem-se:

$$n = \frac{(C.P_v) - CF}{CV} \quad (3.13)$$

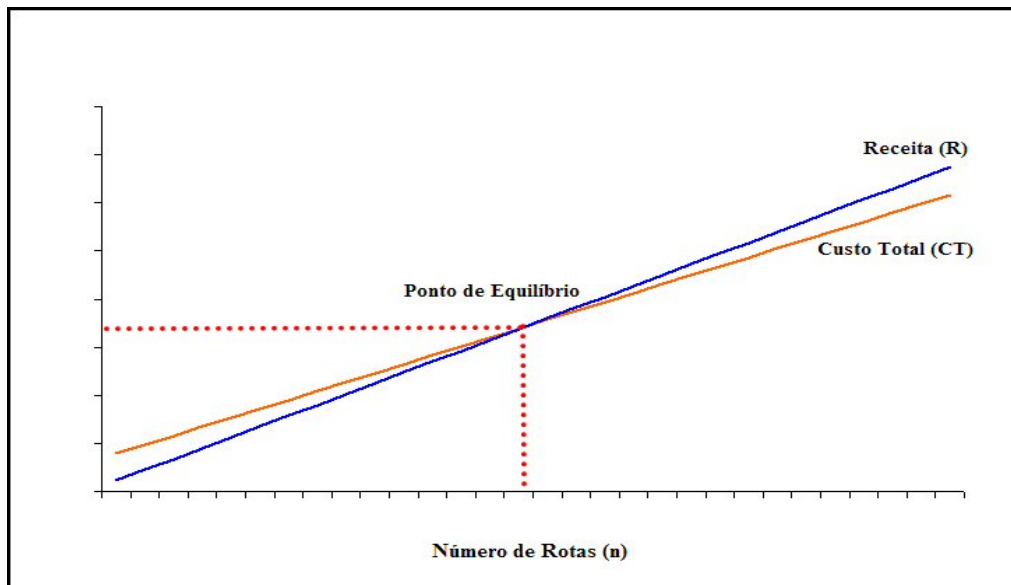


Figura 3.4 – Determinação do Número de Rotas (n) a partir do Ponto de Equilíbrio

Fonte: Produzido pelo autor

O resultado encontrado a partir 3.13 indica a quantidade mínima de rotas (n_L) que um CD necessita ter para que a receita obtida (R) seja igual aos custos totais (CT) envolvidos com a operação do CD.

3.3.1.5. Definição do número de CDs na região de estudo

Uma vez tendo sido definido o número mínimo de rotas que um CD deve ter para que o custo total seja igual à receita obtida, que chamamos de (n_L), e sabendo qual o total de rotas calculado para atender à toda a área de estudo, que chamamos de (n), pode-se encontrar a quantidade de CDs necessária para atender à área em questão. A quantidade de CDs é dada por:

$$N_{CD} = \frac{n}{n_L} \quad (3.14)$$

CAPÍTULO 4

PLANEJAMENTO DO ESTUDO DA DEMANDA

O modelo concebido no Capítulo anterior para determinar a quantidade de CDs está em função de do volume de encomendas (C), que representa a demanda por distribuição de encomendas. Portanto, a segunda parte desta pesquisa focou o estudo da demanda por encomendas, que consistiu em identificar as variáveis relevantes para modelar a demanda.

Para isso foi necessário identificar uma área de estudo que apresentasse uma boa base de dados disponível, confiável e de fácil acesso. Após consulta ao material disponibilizado pela ECT, optou-se por direcionar o estudo para o município de Curitiba no estado do Paraná, uma vez que reunia todas as condições necessárias para elaborar a pesquisa. A metodologia de trabalho para a realização do estudo da demanda foi dividida em 5 fases: análise dos dados do IBGE versus ECT, análise dos dados do IPPUC versus ECT, tratamento dos dados do IPPUC versus ECT, análise estatística e a seleção das variáveis mais relevantes.

4.1. Primeira Fase: Análise dos Dados do IBGE versus ECT

Na primeira fase do estudo utilizou-se a base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, referente ao Município de Curitiba, que contém a Base de Informações por Setores Censitários e o Censo Demográfico do ano base de 2000.

Para acessar o banco de dados foi utilizado o Sistema de Recuperação de Informações *Georreferenciadas*, denominado *Estatcart* (adquirido também junto ao IBGE). As informações contidas na base de dados estão divididas em sete classes:

- População e Condição de Vida, pertencentes ao grupo “grande tema”
- Características das pessoas e dos Domicílios, pertencentes ao grupo “tema”
- Resultado do Universo, pertencente ao grupo “natureza das informações”, composto de 4 (quatro) pastas:

- Domicílios (78 variáveis)
- Instrução (104 variáveis)
- Pessoas (164 variáveis)
- Responsável (174 variáveis)

Para propósito da pesquisa escolheu-se a classe **Responsável**, totalizando, dessa forma, **109 variáveis**. A classe Responsável foi escolhida por trazer informações completas sobre as pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes, estratificados e quantificados em: faixas etárias, pessoas alfabetizadas, pessoas não alfabetizadas, níveis de escolaridade e rendimentos nominais mensais referentes aos 2.125 Setores Censitários em que o município de Curitiba está dividido. Essas informações estão disponibilizadas em gráficos, planilhas do Excell® e em mapas cartográficos digitais.

Tomando de base um mapa digital cartográfico, pertencente à ECT, se fez a separação dos eixos de logradouros do Município de Curitiba, identificando as faixas de CEPs correspondentes, bem como as áreas de abrangência de cada CEE existente no Município. Com as áreas identificadas, sobrepôs-se o mapa dos Setores Censitários, mas não houve um completo encaixe. Assim, teve-se um trabalho de compatibilização das bases, ou seja, adequação dos Setores Censitários que ficaram maiores ou menores que os limites dos CEEs.

Com a compatibilização das bases foi possível analisar as variáveis referentes às classes Pessoas e Responsáveis por CEE (ver Figura 4.1). Para isso, relacionaram-se as 100 variáveis à variável quantidade de encomendas, respectivamente para cada CEE. Os resultados não foram satisfatórios, pois os coeficientes de correlação apresentaram valores bem inferiores a 0,01. Somente quatro variáveis ficaram próximas a 0,01, como se mostra na Tabela 4.1, porém não são significativos.

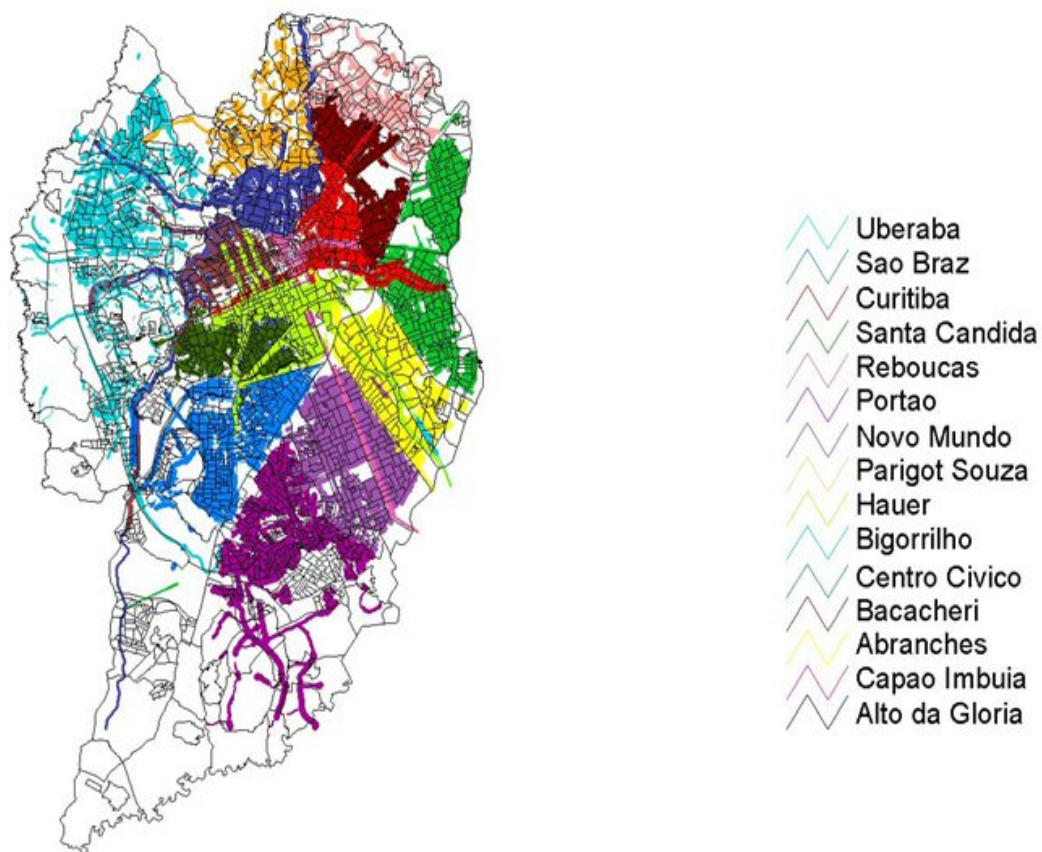


Figura 4.1 – Setores Censitários (IBGE) por Centro de Entrega de Encomendas (ECT)

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 4.1 - Resultados Obtidos com os dados do IBGE

Código	Descrição	Agrupamentos	Correlação
V3	Pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes	V3	-0,09656
		V3 e V12	-0,09389
		V3 e V21	-0,10141
		V3 e V100	-0,09202
		V3, V12, V21 e V100	-0,09295
		V3, V12 e V21	-0,09358
V12	Pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes-alfabetizadas	V12	-0,09104
		V12 e V21	-0,09656
		V12 e V100	-0,08909
		V12, V21 e V100	-0,09656
V21	Pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes-não alfabetizadas	V21 e V100	-0,09202
V100	Pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes-rendimento nominal mensal	V100	-0,08710

Fonte: Produzido pelo autor

4.2. Segunda Fase: Análise de Dados do IPPUC versus ECT

Para prosseguir a pesquisa, contatou-se o *Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba* – IPPUC, órgão responsável pelo acompanhamento estatístico dos fenômenos sócio-econômicos do Município. A entidade disponibilizou dados estratificados por bairro (ver Figura 4.2) e relevantes sobre as variáveis que são apresentadas na Tabela 4.2. O agrupamento definido pelo próprio Instituto para as diversas variáveis afins, facilitou o estudo e sua influência no comportamento da demanda por encomendas. Os grupos de dados estudados foram: Econômico, Educacional e Habitacional, que abrangem a maior parte dos fenômenos encontrados no ambiente externo ao estudo da demanda por encomendas.

No Departamento Operacional de Encomendas – DENCO, órgão responsável pela gestão da distribuição de encomendas na ECT, foi identificada a existência de um sistema computacional chamado de Sistema de Rastreamento de Objetos – SRO. Este sistema é utilizado no suporte às atividades de rastreamento de encomendas e dispõe de um banco de dados relativo ao volume diário de encomendas entregue na abrangência de cada CEE em cada município do país.

Tanto os dados do IPPUC como os dados do SRO formaram a base referencial da pesquisa. Os dados de encomendas obtidos dizem respeito ao período compreendido entre junho de 2001 a janeiro de 2003, período idêntico aos dados obtidos junto ao IPPUC.

4.3. Terceira Fase: Tratamento dos Dados do IPPUC versus ECT

O primeiro passo para o tratamento dos dados foi compatibilizar ambas as bases de dados, pois estavam representadas em estratificações diferentes. Os dados coletados junto ao IPPUC estavam estratificados por bairros e os dados obtidos junto à ECT por unidades de distribuição. Cada unidade de distribuição tem uma área específica de abrangência, definida com base no CEP, que pode abranger um ou mais bairros de um município. No caso específico de Curitiba, percebe-se que existem CEEs com áreas de abrangência maiores que um bairro. Deste modo, observou-se a necessidade de estabelecer um critério que permitisse distribuir a quantidade de encomendas na mesma área em que os dados

sócio-econômicos se encontravam, ou seja, estratificar o quantitativo de encomendas distribuídas por bairro.

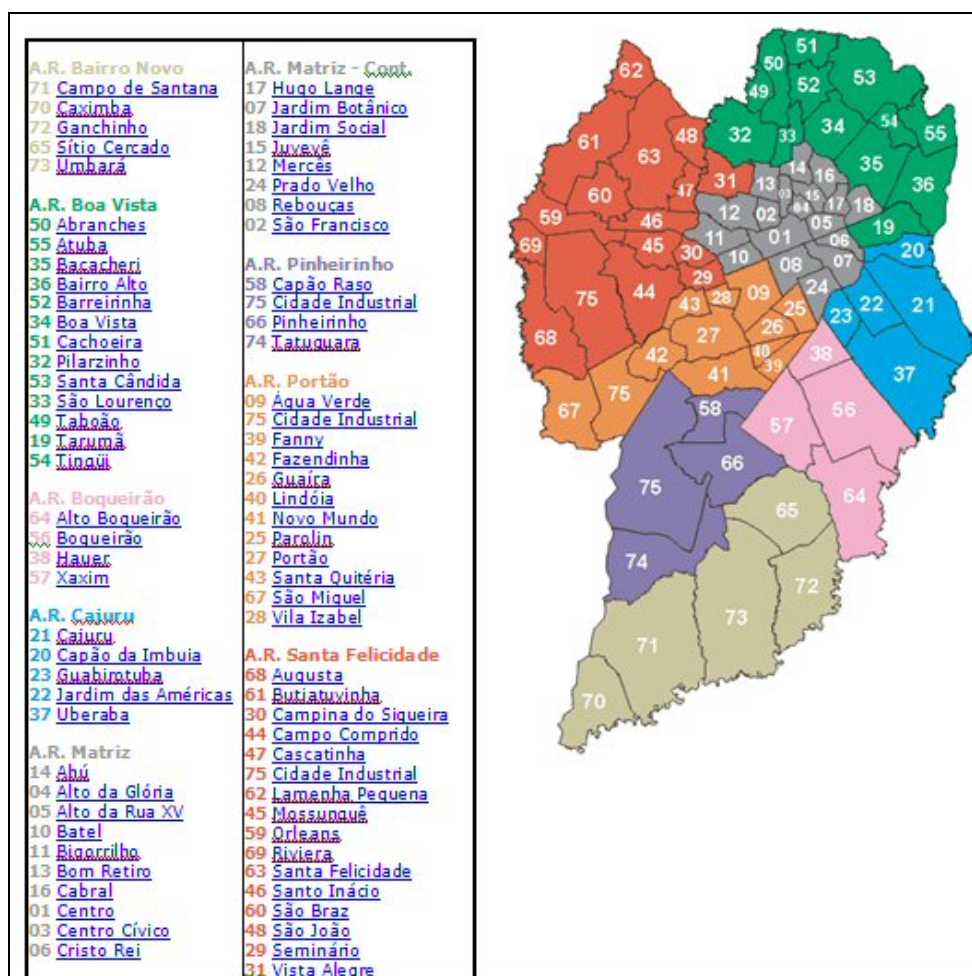


Figura 4.2 – Relação dos Bairros do Município de Curitiba

Fonte: IPPUC

Para tanto, pesquisaram-se que dados disponíveis sobre os bairros poderiam servir como critério de rateio para atribuir a cada bairro a quantidade de encomendas entregue. Analisando a base de dados identificaram-se três potenciais variáveis a serem utilizadas: a área de cada bairro, a área construída de cada bairro e a quantidade de domicílios de cada bairro.

Aplicando cada um desses critérios aos dados levantados e analisando o nível de ajustamento de cada resultado obtido, optou-se por utilizar, como critério de estratificação da quantidade de encomendas distribuídas por bairro, a quantidade de domicílios por bairro. Este critério foi escolhido tendo em vista que comparando o resultado encontrado

com a sua aplicação e a quantidade de encomendas que são distribuídas por bairro, obtida de forma amostral, obteve-se a menor diferença. Além disso, considerou-se que a quantidade de domicílios representa, em última instância, a quantidade de potenciais pontos de entrega. A Figura 4.3 apresenta o resultado deste tratamento de compatibilização das bases.

Tabela 4.2 - Relação de Variáveis Identificadas Junto ao IPPUC

Grupo	Código	Descrição da Variável
Populacionais	Pop ₁	População do Bairro
Econômico	Ec ₁	Agências Bancárias
	Ec ₂	Comércio
	Ec ₃	Hotéis
	Ec ₄	Indústrias
	Ec ₅	Serviços
	Ec ₆	Shoppings
	Ec ₇	Frota de Veículos
	Ec ₈	Veículos por Habitante
	Ed ₁	Renda
Educacional	Ed ₂	Centros de Integração Social (Escolas Municipais)
	Ed ₃	Centros de Atendimento Especializados (Núcleos para crianças e adolescentes portadoras de deficiências físicas e mentais)
	Ed ₄	Escolas Estaduais
	Ed ₅	Escolas Municipais
	Hb ₁	Faróis do Saber (Bibliotecas)
Habitacional	Hb ₂	Conjuntos Habitacionais – COHAB (Cooperativa Habitacional)
	Hb ₃	Conjuntos Habitacionais – COHALAR (Cooperativa Habitacional dos Assalariados do Estado do Paraná)
	Hb ₄	Conjuntos Habitacionais – INOCOOP (Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais do Estado)
	Ec ₁	Conjuntos Habitacionais – IPE (Instituto de Previdência do Estado do Paraná)

Fonte: Produzido pelo autor

Em seguida, foi elaborada uma planilha cruzando os dados de encomendas, já rateados por bairro, e os dados obtidos sobre cada variável, a partir da qual se iniciou a análise estatística para identificar o grau de correlação de cada variável, isoladamente ou em grupo, com a quantidade de encomendas entregues.

4.4. Quarta Fase: Análise Estatística

Correlacionando os dados de demanda de encomendas a cada variável elencada na Tabela 4.2 obteve-se os coeficientes de correlação parcial (Tabela 4.3).

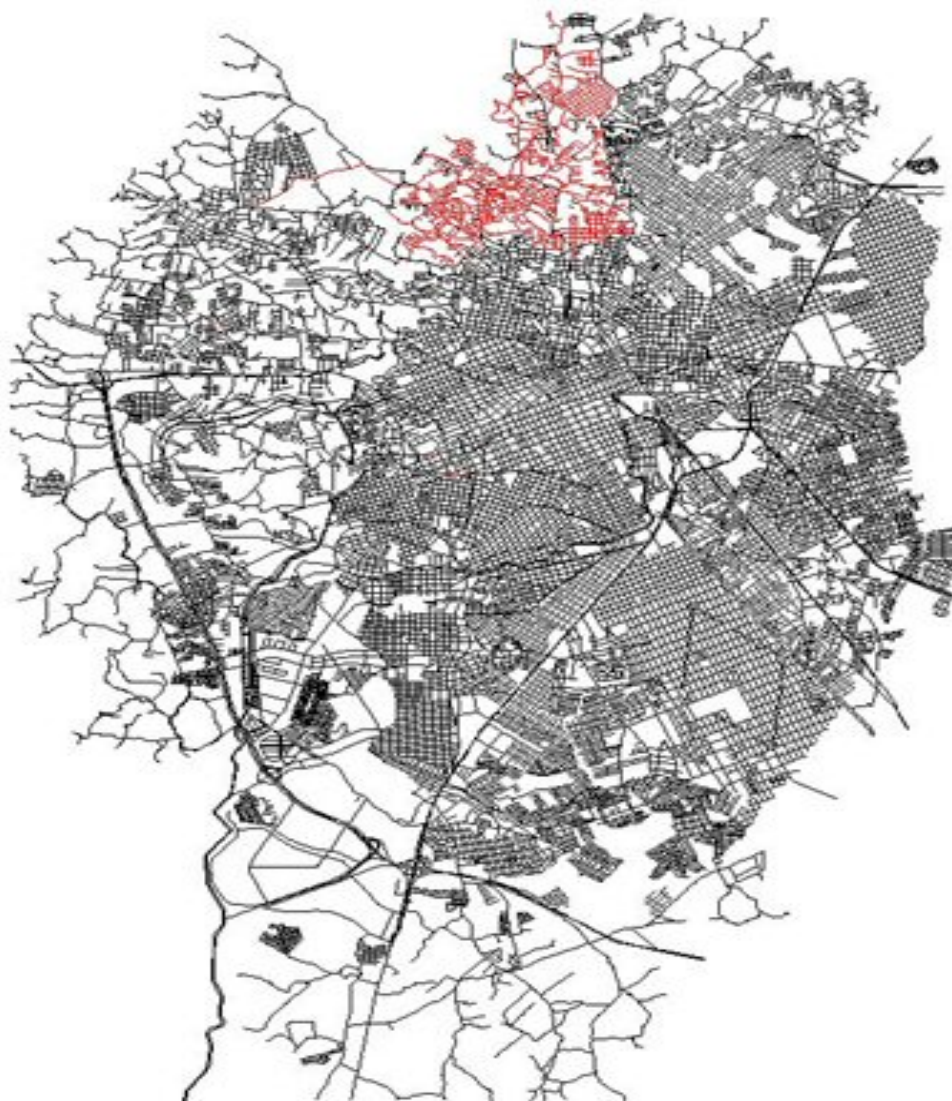


Figura 4.3 – Compatibilização dos Dados por Bairro (IPPUC) com os Dados por CEE (ECT)

Fonte: IPPUC

Tabela 4.3 - Índice de Correlação Encontrados por Variável

Grupo	Código	Descrição da Variável	Coefficiente
Populacionais	Pop ₁	População do Bairro	0,7132
Econômico	Ec ₁	Agências Bancárias	0,2773
	Ec ₂	Comércio	0,4889
	Ec ₃	Hotéis	0,1740
	Ec ₄	Indústrias	0,4876
	Ec ₅	Serviços	0,3906
	Ec ₆	Shoppings	0,2193
	Ec ₇	Frota de Veículos	0,6277
	Ec ₈	Veículos por Habitante	-0,0706
	Ed ₁	Renda	-0,0938
Educativo	Ed ₂	Centros de Integração Social (Escolas Municipais)	0,2403
	Ed ₃	Centros de Atendimento Especializados (Núcleos para crianças e adolescentes portadoras de deficiências físicas e mentais)	0,4406
	Ed ₄	Escolas Estaduais	0,5814
	Ed ₅	Escolas Municipais	0,5611
	Hb ₁	Faróis do Saber (Bibliotecas)	0,5632
Habitacional	Hb ₂	Conjuntos Habitacionais – COHAB (Cooperativa Habitacional)	0,4117
	Hb ₃	Conjuntos Habitacionais – COHALAR (Cooperativa Habitacional dos Assalariados do Estado do Paraná)	0,5244
	Hb ₄	Conjuntos Habitacionais – INOCOOP (Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais do Estado)	0,4942
	Ec ₁	Conjuntos Habitacionais – IPE (Instituto de Previdência do Estado do Paraná)	0,1687

Fonte: Produzido pelo autor

4.5. Quinta Fase: Seleção das Variáveis mais Relevantes

Da análise dos resultados obtidos selecionaram-se as variáveis que apresentaram maiores coeficientes de correlação (Tabela 4.4). Considerando-se as mais relevantes para o estudo de demanda, uma vez que provavelmente sejam significativas na explicação do comportamento da demanda por encomendas.

Tabela 4.4 – Relação de Variáveis Mais Relevantes

Grupo	Variável	Coefficiente
Populacionais	População do Bairro	0,7132
Econômico	Comércio	0,4889
	Indústrias	0,4876
	Serviços	0,3906
	Frota de Veículos	0,6277
Educacional	Centro de Atendimento Especializado	0,4406
	Escolas Estaduais	0,5814
	Escolas Municipais	0,5611
	Faróis do Saber (Bibliotecas)	0,5632
Habitacional	Conjuntos Habitacionais – COHAB	0,4117
	Conjuntos Habitacionais – COHALAR	0,5244
	Conjuntos Habitacionais – INOCOOP	0,4942

Fonte: Produzido pelo autor

CAPÍTULO 5

MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA

Com o objetivo de analisar as variáveis selecionadas no Capítulo anterior (Tabela 4.2) e verificar se estas influenciam no comportamento da demanda por encomendas e tomando como base os dados relativos ao período compreendido entre junho de 2001 a janeiro de 2003, foi feita uma análise *crossection* de modo a identificar um modelo que traduza o comportamento da demanda por distribuição de encomendas.

A estimação dos potenciais modelos foi feita utilizando o método *stepwise*. Este método consiste em realizar a regressão das várias combinações entre as variáveis independentes com a variável dependente (a demanda por encomendas), tendo como base a matriz de correlação para selecionar os possíveis modelos significativos e as variáveis, fase que foi desenvolvida e exposta no Capítulo 4. A partir dessa análise de correlação obteve-se a relação de variáveis mais relevantes, com as quais se fará o estudo da demanda.

5.2. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Cabe salientar que os Correios, de forma semelhante aos demais operadores do setor, definem os preços em função do município de destino não fazendo distinção para os bairros que o compõe, de forma idêntica aos demais *players* deste mercado. Deste modo, apesar da recomendação da literatura econômica quanto à inclusão da variável preço do bem ou serviço em modelos de estimação de demanda, este estudo não considera o preço do serviço, tendo em vista que este permanece invariável para qualquer um dos bairros.

Outro ponto relevante é que a frota de veículos será utilizada como uma variável *proxy* da riqueza dos bairros.

As variáveis, como se especificou no Capítulo 4, foram divididas em quatro grupos: econômicas, educacionais, habitacionais e populacionais. A nomenclatura utilizada para a corrida dos modelos de regressão foi a seguinte:

- $\hat{Y}$ é a quantidade estimada de encomendas expressas distribuídas
- $\hat{\beta}_0$ é a demanda autônoma estimada por distribuição de encomendas expressas
- E_{ci} é a i-ésima variável econômica
- $\hat{\beta}_1$ é o coeficiente estimado para a quantidade de agências bancárias (Ec1)
- $\hat{\beta}_2$ é o coeficiente estimado para a quantidade de comércios (Ec2)
- $\hat{\beta}_3$ é o coeficiente estimado para a quantidade de hotéis (Ec3)
- $\hat{\beta}_4$ é o coeficiente estimado para a quantidade de indústrias (Ec4)
- $\hat{\beta}_5$ é o coeficiente estimado para a quantidade de serviços (Ec5)
- $\hat{\beta}_6$ é o coeficiente estimado para a quantidade de shoppings (Ec6)
- $\hat{\beta}_7$ é o coeficiente estimado para frota de veículos (Ec7)
- $\hat{\beta}_8$ é o coeficiente estimado para a renda mediana dada em salários mínimos (Ec8)
- E_{di} é a i-ésima variável educacional
- $\hat{\beta}_9$ é o coeficiente estimado para a quantidade de centros de integração social (Ed1)
- $\hat{\beta}_{10}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de centros de atendimento especializado (Ed2)
- $\hat{\beta}_{11}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de escolas estaduais (Ed3)
- $\hat{\beta}_{12}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de escolas municipais (Ed4)
- $\hat{\beta}_{13}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de bibliotecas (Ed5)
- H_{bi} é a i-ésima variável habitacional
- $\hat{\beta}_{14}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de conjuntos habitacionais COHAB (Hb1)

- $\hat{\beta}_{15}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de conjuntos habitacionais COHALAR (Hb2)
- $\hat{\beta}_{16}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de conjuntos habitacionais INOCOOP (Hb3)
- $\hat{\beta}_{17}$ é o coeficiente estimado para a quantidade de conjuntos habitacionais IPE (Hb4)
- Pop_i é a i-ésima variável populacional
- $\hat{\beta}_{18}$ é o coeficiente estimado para a população do bairro (Pop1)

5.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Das 36 combinações realizadas com as variáveis selecionadas (Tabela 4.4), somente quatro modelos apresentaram-se, em primeira instância, significativos:

- 1) $Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{18}Pop_1$
- 2) $Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{18}Pop_1 + \hat{\beta}_7Ec_7$
- 3) $Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{18}Pop_1 + \hat{\beta}_7Ec_7 + \hat{\beta}_2Ec_2$
- 4) $Y = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{18}Pop_1 + \hat{\beta}_7Ec_7 + \hat{\beta}_2Ec_2 + \hat{\beta}_8Ec_8$

Assim, para estes quatro modelos foram realizados os testes estatísticos relativos à análise de regressão. Nas Tabela 5.1, 5.2 e 5.3 apresentam-se os resultados dos testes realizados.

Tabela 5.1 - Resumo dos Modelos Estimados

Mod.	R	R ²	R ² Ajustado	Erro Padrão de Estimativa	Change Statistics				
					R ² Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	0,960(a)	0,922	0,921	40528,2943	0,922	867,333	1	73	0,000
2	0,981(b)	0,962	0,961	28466,8755	0,040	75,965	1	72	0,000
3	0,984(c)	0,969	0,967	26049,2462	0,007	14,985	1	71	0,000
4	0,985(d)	0,971	0,969	25327,6200	0,002	5,103	1	70	0,027

a Predictors: (Constant), População do Bairro

b Predictors: (Constant), População do Bairro, Frota de Veículos

c Predictors: (Constant), População do Bairro, Frota de Veículos, Comércio

d Predictors: (Constant), População do Bairro, Frota de Veículos, Comércio, Renda Mediana (SM)

e Dependent Variable: Encomendas Distribuídas³

Tabela 5.2 Resultados Obtidos da ANOVA.

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regressão	1424631806549,260	1	1424631806549,260	867,333	0,000(a)
	Resíduo	119905613224,288	73	1642542646,908		
	Total	1544537419773,548	74			
2	Regressão	1486191283360,141	2	743095641680,071	916,991	0,000(b)
	Resíduo	58346136413,406	72	810363005,742		
	Total	1544537419773,548	74			
3	Regressão	1496359430391,942	3	498786476797,314	735,063	0,000(c)
	Resíduo	48177989381,606	71	678563230,727		
	Total	1544537419773,548	74			
4	Regressão	1499633236152,553	4	374908309038,138	584,435	0,000(d)
	Resíduo	44904183620,995	70	641488337,443		
	Total	1544537419773,548	74			

a Predictors: (Constant), População do Bairro

b Predictors: (Constant), População do Bairro, Frota de Veículos

c Predictors: (Constant), População do Bairro, Frota de Veículos, Comércio

d Predictors: (Constant), População do Bairro, Frota de Veículos, Comércio, Renda Mediana (SM)

e Dependent Variable: Encomendas Distribuídas³

Tabela 5.3a - Coeficientes Estimados

Mod.	Variáveis	Coeficientes		t	Sig.
		B	Std. Error		
1	(Constant)	16155,352	6079,636	2,657	0,010
	População do Bairro	5,557	0,189	29,451	0,000
2	(Constant)	-2914,870	4798,216	-,607	0,545
	População do Bairro	4,715	0,164	28,764	0,000
	Frota de Veículos	4,058	0,466	8,716	0,000
3	(Constant)	-1172,983	4413,712	-0,266	0,791
	População do Bairro	4,742	0,150	31,578	0,000
	Frota de Veículos	2,413	0,602	4,010	0,000
	Comércios	35,274	9,112	3,871	0,000
4	(Constant)	-12960,666	6755,963	-1,918	0,059
	População do Bairro	4,882	0,159	30,780	0,000
	Frota de Veículos	2,100	0,601	3,494	0,001
	Comércios	35,940	8,865	4,054	0,000
	Renda Mediana (SM)	1044,139	462,196	2,259	0,027

Tabela 5.3b - Coeficientes Estimados

Mod.	Variáveis	Intervalo de Confiança para β com NS = 95%		Estatísticas de Colinearidade	
		Limite Inferior	Limite Superior	Tolerância	FIV
1	(Constant)	4038,655	28272,048		
	População do Bairro	5,181	5,933	1,000	1,000
2	(Constant)	-12479,939	6650,199		
	População do Bairro	4,389	5,042	0,653	1,530
	Frota de Veículos	3,130	4,986	0,653	1,530
3	(Constant)	-9973,675	7627,709		
	População do Bairro	4,443	5,042	0,652	1,533
	Frota de Veículos	1,213	3,613	0,328	3,053
	Comércios	17,105	53,443	0,409	2,443
4	(Constant)	-26435,009	513,676		
	População do Bairro	4,566	5,198	0,553	1,810
	Frota de Veículos	,901	3,300	0,310	3,223
	Comércios	18,260	53,620	0,409	2,446
	Renda Mediana (SM)	122,318	1965,959	0,844	1,184

5.4. TESTES DE SIGNIFICÂNCIA DOS MODELOS SELECIONADOS

Para efetuar a análise dos resultados obtidos através da aplicação da técnica estatística de análise de regressão, foram efetuados os testes descritos a seguir.

5.4.1. Teste F

Efetuando o teste F de *Snedecor*, descrito em Gujarati (2000), tem-se:

a) Modelo 1

$$F_{Calculado} = 867,33 \qquad F_{1,73}^{0,05} = 3,9720$$

Uma vez que o valor de $F_{Calculado}$ é superior ao valor de $F_{Tabelado}$, rejeita-se H_0 o que demonstra que realmente o modelo representa o fenômeno explicado com 95% de confiança.

b) Modelo 2

$$F_{Calculado} = 75,96 \qquad F_{2,72}^{0,05} = 3,1239$$

Uma vez que o valor de $F_{Calculado}$ é superior ao valor de $F_{Tabelado}$, rejeita-se H_0 o que demonstra que realmente o modelo representa o fenômeno explicado com 95% de confiança.

c) Modelo 3

$$F_{Calculado} = 14,98 \qquad F_{3,71}^{0,05} = 2,7336$$

Uma vez que o valor de $F_{Calculado}$ é superior ao valor de $F_{Tabelado}$, rejeita-se H_0 o que demonstra que realmente o modelo representa o fenômeno explicado com 95% de confiança.

d) Modelo 4

$$F_{Calculado} = 5,103 \qquad F_{4,70}^{0,05} = 2,5026$$

Uma vez que o valor de $F_{Calculado}$ é superior ao valor de $F_{Tabelado}$, rejeita-se H_0 o que demonstra que realmente o modelo representa o fenômeno explicado com 95% de confiança.

5.4.2. Teste t de Student

Efetuando o teste *t* de *Student*, descrito em Gujarati (2000), para verificar a qualidade dos modelos encontrados, tem-se:

a) Modelo 1

$$t_{73}^{0,05} = 2,2885 \quad t_{\beta_0}^{\text{Calculado}} = 2,657 \quad t_{\beta_1}^{\text{Calculado}} = 29,451$$

Uma vez que em ambos os casos o valor de $t_{\text{Calculado}}$ é superior ao valor de t_{Tabelado} , rejeita-se H_0 o que demonstra que os parâmetros estimados são significativos frente aos verdadeiros betas, com 95% de confiança.

b) Modelo 2

$$t_{72}^{0,05} = 2,2892 \quad t_{\beta_0}^{\text{Calculado}} = -0,607 \quad t_{\beta_1}^{\text{Calculado}} = 28,764 \quad t_{\beta_2}^{\text{Calculado}} = 8,716$$

Para os casos de β_1 e β_2 , o valor de $t_{\text{Calculado}}$ é superior ao valor de t_{Tabelado} , logo rejeita-se H_0 o que demonstra que estes parâmetros estimados são significativos frente aos verdadeiros betas, com 95% de confiança. No entanto, o mesmo não pode ser dito para β_0 , uma vez que o resultado do teste indica que este pode ser igual a zero.

c) Modelo 3

$$t_{71}^{0,05} = 2,2899 \quad t_{\beta_0}^{\text{Calculado}} = -0,266 \quad t_{\beta_1}^{\text{Calculado}} = 31,578 \quad t_{\beta_2}^{\text{Calculado}} = 4,010 \\ t_{\beta_3}^{\text{Calculado}} = 3,871$$

Para os casos de β_1 , β_2 e β_3 , o valor de $t_{\text{Calculado}}$ é superior ao valor de t_{Tabelado} , logo rejeita-se H_0 o que demonstra que estes parâmetros estimados são significativos frente aos verdadeiros betas, com 95% de confiança. No entanto, o mesmo não pode ser dito para β_0 , uma vez que o resultado do teste indica que este pode ser igual a zero.

d) Modelo 4

$$t_{70}^{0,05} = 2,2903$$

$$t_{\beta_0}^{Calculado} = -1,918 \quad t_{\beta_1}^{Calculado} = 30,780 \quad t_{\beta_2}^{Calculado} = 3,494 \quad t_{\beta_3}^{Calculado} = 4,054$$

$$t_{\beta_4}^{Calculado} = 2,259$$

Para os casos de β_1 , β_2 , β_3 e β_4 , o valor de $t_{Calculado}$ é superior ao valor de $t_{Tabelado}$, logo rejeita-se H_0 o que demonstra que estes parâmetros estimados são significativos frente aos verdadeiros betas, com 95% de confiança. No entanto, o mesmo não pode ser dito para β_0 , uma vez que o resultado do teste indica que este pode ser igual à zero.

5.4.3. Teste de Identificação de Heteroscedasticidade

Efetuando o teste de *White*, descrito em *Gujarati* (2000), para verificar a presença de *heteroscedasticidade* dos modelos encontrados, tem-se:

a) Modelo 1

$H_0 : \varepsilon_i$ é Homoscedástico	$\chi_{Calculado} = R^2 . n$	$\chi_1^{0,05} = 3,8414$
$H_1 : \varepsilon_i$ é Heteroscedástico	$\chi_{Calculado} = 0,4895$	

b) Modelo 2

$H_0 : \varepsilon_i$ é Homoscedástico	$\chi_{Calculado} = R^2 . n$	$\chi_2^{0,05} = 5,9914$
$H_1 : \varepsilon_i$ é Heteroscedástico	$\chi_{Calculado} = 3,2306$	

c) Modelo 3

$H_0 : \varepsilon_i$ é Homoscedástico	$\chi_{Calculado} = R^2 . n$	$\chi_3^{0,05} = 7,8147$
$H_1 : \varepsilon_i$ é Heteroscedástico	$\chi_{Calculado} = 2,3886$	

d) Modelo 4

$H_0 : \varepsilon_i$ é Homoscedástico	$\chi_{Calculado} = R^2 . n$	$\chi_4^{0,05} = 9,4877$
$H_1 : \varepsilon_i$ é Heteroscedástico	$\chi_{Calculado} = 1,9985$	

Para todos os modelos testados, o valor de $\chi_{Calculado}$ é inferior ao valor de $\chi_{Tabelado}$, logo aceita-se H_0 o que demonstra que os resíduos são homoscedásticos, com 95% de confiança.

5.4.4. Teste de Identificação de Multicolinearidade

Um método de diagnóstico recomendado pela literatura para detectar a existência de *multicolinearidade* é a análise do *Fator de Inflação da Variância (FIV)*, calculado para cada coeficiente estimado (*Gujarati*, 2000; *Maroco*, 2003). Para um modelo de k variáveis,

contendo Y , intercepto e $(k-1)$ variáveis explicativas, onde a variância de um coeficiente de regressão parcial é dada por:

$$\begin{aligned} \text{var}(\hat{\beta}_j) &= \frac{\sigma^2}{\sum x_j^2} \cdot \left(\frac{1}{1-R_j^2} \right) \\ &= \frac{\sigma^2}{\sum x_j^2} \cdot FIV_j \end{aligned} \quad (5.1)$$

Na equação (5.1) β_j é o coeficiente de regressão parcial da variável explicativa X_j , R_j^2 é o R^2 na regressão auxiliar de X_j sobre os demais $(k-2)$ regressores e FIV_j é o fator de inflação da variância. À medida que R_j^2 aumenta em direção à unidade, ou seja, conforme aumenta a colinearidade de X_j com os outros regressores, o FIV_j também aumenta e, no limite, tende ao infinito.

De uma forma geral, valores de FIV superiores a 5 (Maroco apud Montgomery & Peck, 1982) indicam problemas com a estimação de β_j devido à presença de *multicolinearidade* entre as variáveis independentes. Na Tabela 5.4, η_2 apresenta o FIV calculado para cada variável explicativa, em cada modelo.

Tabela 5.4 - Coeficientes Estimados

Mod.	Variáveis	Estatísticas de Colinearidade		
		Tolerância	FIV	Resultado
1	(Constant)			
	População do Bairro	1,000	1,000	Inferior a 5
2	(Constant)			
	População do Bairro	0,653	1,530	Inferior a 5
	Frota de Veículos	0,653	1,530	Inferior a 5
3	(Constant)			
	População do Bairro	0,652	1,533	Inferior a 5
	Frota de Veículos	0,328	3,053	Inferior a 5
	Comércios	0,409	2,443	Inferior a 5
4	(Constant)			
	População do Bairro	0,553	1,810	Inferior a 5
	Frota de Veículos	0,310	3,223	Inferior a 5
	Comércios	0,409	2,446	Inferior a 5
	Renda Mediana (SM)	0,844	1,184	Inferior a 5

5.4.5. Teste de Identificação de Simultaneidade

Segundo Gujarati (2000), quando não houver problema de simultaneidade, os estimadores de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) geram estimadores consistentes e eficientes. Deste modo, de forma a verificar a existência de simultaneidade entre as variáveis elencadas foi aplicado o teste de especificação Hausman (Gurjarati, 2000 pg. 605; Pindyck & Rubinfeldt, 2002, pg. 359).

H_0 : Existe simultaneidade

H_1 : Não existe simultaneidade

1) $\hat{E}_2 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 Pop_1 + \hat{\alpha}_2 Ec_8 + \nu_1$ $E_7 = \beta_0 + \beta_1 \hat{E}c_2 + \beta_2 \hat{\nu}_1 + \nu_2$	$t_{72}^{0,05} = 2,2892$	$t_{\beta_2}^{Calculado} = 0,00$
2) $\hat{E}_2 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 Pop_1 + \hat{\alpha}_2 Ec_7 + \nu_1$ $E_8 = \beta_0 + \beta_1 \hat{E}c_2 + \beta_2 \hat{\nu}_1 + \nu_2$	$t_{72}^{0,05} = 2,2892$	$t_{\beta_2}^{Calculado} = 0,00$
3) $\hat{E}_2 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 Ec_7 + \hat{\alpha}_2 Ec_8 + \nu_1$ $Pop_1 = \beta_0 + \beta_1 \hat{E}c_2 + \beta_2 \hat{\nu}_1 + \nu_2$	$t_{72}^{0,05} = 2,2892$	$t_{\beta_2}^{Calculado} = 0,00$
4) $\hat{E}_7 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 Ec_2 + \hat{\alpha}_2 Pop_1 + \nu_1$ $E_8 = \beta_0 + \beta_1 \hat{E}c_7 + \beta_2 \hat{\nu}_1 + \nu_2$	$t_{72}^{0,05} = 2,2892$	$t_{\beta_2}^{Calculado} = 0,00$
5) $\hat{E}c_7 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 Ec_2 + \hat{\alpha}_2 Ec_8 + \nu_1$ $Pop_1 = \beta_0 + \beta_1 \hat{E}c_7 + \beta_2 \hat{\nu}_1 + \nu_2$	$t_{72}^{0,05} = 2,2892$	$t_{\beta_2}^{Calculado} = 0,00$
6) $\hat{E}c_8 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 Ec_2 + \hat{\alpha}_2 Ec_7 + \nu_1$ $Pop_1 = \beta_0 + \beta_1 \hat{E}c_8 + \beta_2 \hat{\nu}_1 + \nu_2$	$t_{72}^{0,05} = 2,2892$	$t_{\beta_2}^{Calculado} = -6,8126$

5.4.6. Resumo da Análise dos Resultados dos Testes

Analisando os resultados obtidos de todos os testes pode-se afirmar que:

- Todos os modelos encontrados são significativos quanto ao teste geral da existência de regressão;
- Os testes dos parâmetros estimados indicaram que no Modelo 1 todos os parâmetros estimados são significantes. Nos demais modelos todos os parâmetros estimados são significantes, excetuando-se os valores obtidos para β_0 ;
- Em todos os modelos estimados os resíduos são homoscedásticos;

- Em nenhum dos modelos estimados existe presença de multicolinearidade;
- Não existe a presença de simultaneidade entre as variáveis dos modelos.

A Tabela 5.5 apresenta um resumo dos modelos, parâmetros estimados e suas respectivas estatísticas.

Tabela 5.5 – Resultados dos Modelos Estimados

Mod.	N	$\bar{R}^2$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_7$	$\hat{\beta}_8$	$\hat{\beta}_{18}$	F	η_1	η_2
1	75	0,921	16.155,35 (2,65)				5,55 (29,45)	$F(1,73)$ 867,33	$\chi^2(0,05,73)$ 0,4895	
2	75	0,961	-2.914,87 (-,60)		4,05 (8,71)		4,71 (28,76)	$F(2,72)$ 75,96	$\chi^2(0,05,72)$ 3,2306	$\hat{\beta}_{18}(1,53)$ $\hat{\beta}_7(1,53)$
3	75	0,967	-1.172,98 (-,26)	35,27 (3,87)	2,41 (4,01)		4,74 (31,57)	$F(3,71)$ 14,98	$\chi^2(0,05,71)$ 2,3886	$\hat{\beta}_{18}(1,53)$ $\hat{\beta}_7(3,05)$ $\hat{\beta}_2(2,44)$
4	75	0,969	- 12.960,66 (-1,91)	35,94 (4,05)	2,10 (3,49)	1.044,13 (2,25)	4,88 (30,78)	$F(4,70)$ 5,10	$\chi^2(0,05,70)$ 1,9985	$\hat{\beta}_{18}(1,81)$ $\hat{\beta}_7(3,22)$ $\hat{\beta}_2(2,45)$ $\hat{\beta}_8(1,18)$

Modelo 1: $\hat{\beta}_0$ - Constante, $\hat{\beta}_{18}$ - População do Bairro

Modelo 2: $\hat{\beta}_0$ - Constante, $\hat{\beta}_{18}$ - População do Bairro, $\hat{\beta}_7$ - Frota de Veículos

Modelo 3: $\hat{\beta}_0$ - Constante, $\hat{\beta}_{18}$ - População do Bairro, $\hat{\beta}_7$ - Frota de Veículos, $\hat{\beta}_2$ - Comércio

Modelo 4: $\hat{\beta}_0$ - Constante, $\hat{\beta}_{18}$ - População do Bairro, $\hat{\beta}_7$ - Frota de Veículos, $\hat{\beta}_2$ - Comércio, $\hat{\beta}_8$ - Renda Mediana

A estatística t é apresentada entre parênteses

η_1 é a estatística relativa ao teste de White para a heteroscedasticidade

η_2 é o Fator de Inflação da Variância - FIV

5.5. DEFINIÇÃO DO MODELO MAIS REPRESENTATIVO

Os modelos estimados representam o fenômeno em análise sendo que nenhum apresenta problemas quanto à significância dos parâmetros estimados, quanto à *heteroscedasticidade* dos resíduos ou mesmo quanto à presença de *multicolinearidade*.

No entanto, tomando como base os valores calculados para o do R^2 ajustado para os graus de liberdade em cada modelo estimado, podemos afirmar que o modelo mais adequado para representar o comportamento em análise é o Modelo 4.

$$Y = 4,88Pop_1 + 35,94Ec_2 + 2,10Ec_7 + 1.044,13Ec_8 \quad (5.2)$$

Observando os parâmetros estimados no Modelo 4 podemos inferir que:

- a) caso aumentar a quantidade de comércio (Ec_2) existentes nos bairros em uma unidade, a quantidade de encomendas expressas distribuídas seria acrescida em 36 unidades;
- b) se a quantidade de veículos da frota dos moradores (Ec_7) fosse acrescida de uma unidade, a quantidade de encomendas expressas distribuídas seria acrescida em cerca de duas unidades;
- c) se a renda mediana (Ec_8) dos bairros fosse acrescida de uma unidade, a quantidade de encomendas expressas distribuídas seria acrescida em 1.050 unidades;
- d) se a quantidade de habitantes (Pop_1) dos bairros fosse aumentada em uma unidade a quantidade de encomendas expressas distribuídas seria acrescida em 5 unidades.

Conforme pode ser observado na relação 5.2, não é possível afirmar que existe uma demanda por distribuição de encomendas autônoma.

CAPÍTULO 6

ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado baseia-se nos dados fornecidos pela ECT quanto à rede de distribuição de encomendas no município de Curitiba, no estado do Paraná.

6.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

A ECT, por meio do DENCO, disponibilizou uma relação de atividades que são executadas nas unidades de distribuição de encomendas, com seus respectivos tempos associados, que são apresentados na **Tabela 6.1**.

Tabela 6.1 – Relação de Atividades de um Centro de Distribuição

Sigla	Descrição	Coef.(min/obj)	Tipo de Atividade
Rec	Recebimento de Carga	0,29	Interna
TD	Triagem de Distribuição	0,10	Interna
SL	Separação por Logradouro	0,12	Interna
Ord	Ordenamento	0,08	Interna
DD	Distrib. Domiciliária	1,08	Externa
Cont	Prestação de Contas	1,21	Interna

Fonte: Departamento Operacional de Encomendas/ECT

Complementarmente, foram fornecidos os seguintes dados:

- Quantidade média de pontos de parada e entrega (q);
- Distância total percorrida para a distribuição dentro das zonas de entrega dos centros de distribuição, dada em metros (S)
- Quantidade de encomendas distribuídas (Q)
- Jornada de trabalho de um carteiro, dada em minutos (H)
- Distância média entre o centro de distribuição e as zonas de entrega, dada em metros (S_{ida})
- Distância média entre as zonas de entrega e o centro de distribuição, dada em metros (S_{volta})
- Velocidade média de deslocamento entre o centro de distribuição e as zonas de entrega, dada em metros por minuto (V_0)

- Velocidade média de deslocamento dentro das zonas de entrega, dada em metros por minuto (V_Z)
- Preço de venda médio de encomendas expressas, dado em reais (P_V)
- Custo médio de um carteiro, dado em reais (C_{MOD})
- Custo médio do metro quadrado de um centro de distribuição, dado em reais por metro quadrado ($C_{Área}$)
- Custo médio de um veículo utilizado em centros de distribuição, dado em reais ($C_{Veículo}$)
- Área mínima necessária para a alocação das atividades suporte dentro de um centro de distribuição, dada em metros quadrados (A_{fixa})
- Área mínima necessária para cada rota, dada em metros quadrados por rota ($A_{variável}$)

O detalhamento dos dados levantados é apresentado na **Tabela 6.2**.

Tabela 6.2 – Dados Levantados sobre a Distribuição em Curitiba

Variável	Descrição	Valor
q	Quantidade média de pontos de parada e entrega	94.166 pontos
S	Distância total percorrida para a distribuição dentro das zonas de entrega dos centros de distribuição	500.000 m
C	Quantidade de encomendas distribuídas	49.365 objetos
H	Jornada de trabalho de um carteiro, dada em minutos.	480 min
S_{ida}	Distância média entre o centro de distribuição e as zonas de entrega	75.000 m
S_{volta}	Distância média entre as zonas de entrega e o centro de distribuição	100.000 m
V_0	Velocidade média de deslocamento entre o centro de distribuição e as zonas de entrega	500 m/min
V_Z	Velocidade média de deslocamento dentro das zonas de entrega	450 m/min
C_{MOD}	Custo médio de um carteiro	R\$ 2.744,55
$C_{Área}$	Custo médio do metro quadrado de um centro de distribuição	R\$ 13,39
P_V	Preço de venda médio de encomendas expressas, dado em reais	R\$ 1,50
$C_{Veículo}$	Custo médio de um veículo utilizado em centros de distribuição	R\$ 236,82
A_{fixa}	Área mínima necessária para a alocação das atividades suporte dentro de um centro de distribuição	90 m ²
$A_{variável}$	Área mínima necessária para cada rota, dada em metros quadrados por rota	10 m ²

Fonte: Departamento Operacional de Encomendas/ECT

6.2. RESULTADOS OBTIDOS

Tomando como base os dados fornecidos, partiu-se para calcular o número de rotas que seriam necessárias para a distribuição da carga indicada pela ECT. Assim, calculam-se os tempos internos (TAI) e externos (TAE), a partir dos dados fornecidos e utilizando as relações (5.1) e (5.8):

$$\begin{aligned} TAI &= 49.365(0,29 + 0,10 + 0,12 + 0,08 + 1,21) \\ &= 88.857,13 \text{ min} \end{aligned} \quad (6.1)$$

$$\begin{aligned} TAE &= \left(\frac{75.000 + 100.000}{500} \right) + \left[\frac{49.365}{98.730} \cdot (49.365 \cdot 1,32) \right] + \frac{500.000}{450} \\ &= 350 + 32.580,95 + 1.111,11 \\ &= 34.042,06 \text{ min} \end{aligned} \quad (6.2)$$

O número de rotas necessário é dado pela aplicação da equação (5.10) aos resultados encontrados,

$$\begin{aligned} n &\geq \frac{88.857,13 + 34.042,06}{0,9.480} \\ &= 284,49 \\ &\cong 284 \text{ rotas} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Para obtermos o número de centros de distribuição é necessário calcularmos os custos totais (C_T) e a receita (R), utilizando-se as relações (5.11) e (5.12).

Segundo informações da ECT, os custos fixos (CF) de um centro de distribuição estão associados à área necessária para abrigar as atividades de suporte (A_{fixa}). Os custos variáveis (CV) dizem respeito aos custos resultantes da área necessária para cada rota ($A_{variável}$), da mão-de-obra necessária para a distribuição (C_{MOD}) e dos custos com a locação de veículos para atender à distribuição ($C_{veículo}$). O custo total (C_T), apresentado em (3.11), e frente às informações levantadas, é expresso da seguinte forma:

$$\begin{aligned} C_T &= (A_{fixa} \cdot C_{Área}) + \left\{ \left[(A_{variável} \cdot C_{Área}) \cdot n \right] + (n \cdot C_{MOD}) + (n \cdot C_{veículo}) \right\} \\ C_T &= (90.13,39) + \left\{ \left[(10.13,39) \cdot n \right] + (n \cdot 2.744,55) + (n \cdot 236,82) \right\} \end{aligned} \quad (6.4)$$

A receita (R), dada pela relação (5.12), considerando um número médio de 22 dias úteis, é expressa por:

$$R = C.1,50 \quad (6.5)$$

Para calcular a quantidade mínima de rotas necessária para criar um CD (n_L) utiliza-se a equação (3.13), tem-se:

$$\begin{aligned} n_L &= \frac{(49.365.1,50) - 1.205,10}{3.115,27} \\ n_L &= 23,38 \\ n_L &\cong 23 \end{aligned} \quad (6.6)$$

A Figura 6.1 apresenta a representação gráfica do resultado encontrado em (6.6).

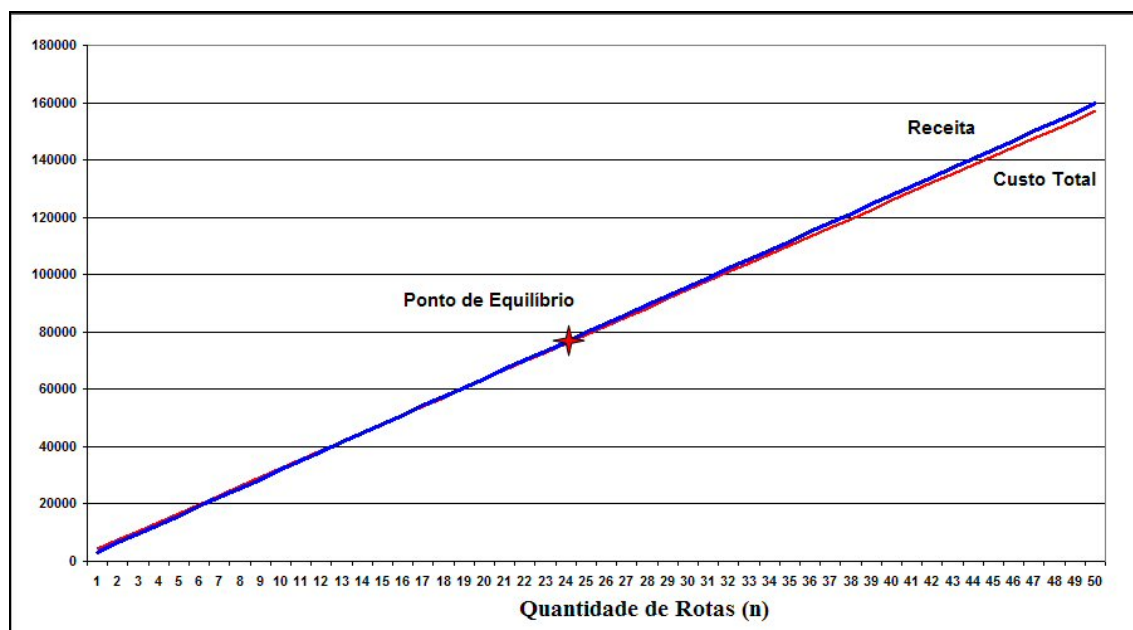


Figura 6.1 – Determinação do Número de Rotas (n) a partir do Ponto de Equilíbrio

Fonte: Produzido pelo autor.

Utilizando a equação (3.14) e o resultado obtido em 6.6 para obter a quantidade de CDs necessária para atender ao Município de Curitiba, tem-se:

$$N_{CD} = \frac{284}{23}$$

$$= 12,34$$

$$\cong 12$$
(6.7)

Segundo o resultado obtido a partir da aplicação da metodologia aos dados fornecidos pela ECT, seriam necessários 12 centros de distribuição para atender a toda cidade de Curitiba no estado do Paraná.

6.3. COMPARAÇÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO ATUAL

Conforme informações obtidas junto à ECT, existem atualmente 15 centros de distribuição no município de Curitiba. A Tabela 6.3 apresenta a estrutura de distribuição da ECT na cidade de Curitiba.

Tabela 6.3 – Estrutura de Distribuição em Curitiba

Centro de Distribuição	Bairro Atendido	Quantidade de Domicílios
Abranches	Abranches	3.517,00
	Barreirinha	5.657,00
	Pilarzinho	8.929,00
	São Lourenço	1.824,00
	Tabão	832,00
Alto da Glória	Alto da Glória	2.588,00
	Alto da XV	3.731,00
	Cabral	4.807,00
	Cristo Rei	6.375,00
	Hugo Lange	1.128,00
	Juvevê	4.826,00
Bacacheri	Bacacheri	8.133,00
	Boa Vista	10.454,00
	Jardim Social	1.845,00
Bigorrilho	Bigorrilho	12.552,00
	Campina do Siqueira	2.670,00
	Centro	21.368,00
	Mercês	5.492,00
	Seminário	2.569,00
Capão da Imbuia	Bairro Alto	13.591,00
	Cajuru	27.242,00
	Capão da Imbuia	6.809,00
	Tarumã	2.266,00

Tabela 6.3 – Estrutura de Distribuição em Curitiba (continuação)

Centro Cívico	Ahú	4.176,00
	Bom Retiro	2.113,00
	Centro Cívico	6.375,00
	São Francisco	2.871,00
	Vista Alegre	3.343,00
Cidade Industrial	Campo de Santana	2.181,00
	Caximba	698,00
	Fazendinha	8.212,00
	São Miguel	1.359,00
Hauer	Alto Boqueirão	16.032,00
	Boqueirão	22.289,00
	Hauer	4.823,00
	Xaxim	17.169,00
Novo Mundo	Capão Raso	11.723,00
	Fanny	2.706,00
	Guaira	4.805,00
	Lindóia	2.839,00
	Novo Mundo	14.394,00
Parigot de Sousa	Ganchinho	2.145,00
	Pinheirinho	15.546,00
	Sítio Cercado	30.413,00
	Tatuquara	10.625,00
	Umbara	4.368,00
Portão	Portão	15.536,00
	Santa Quitéria	3.775,00
Rebouças	Água Verde	20.447,00
	Batel	5.250,00
	Jardim Botânico	2.262,00
	Parolin	3.838,00
	Prado Velho	2.182,00
	Rebouças	7.570,00
	Vila Izabel	4.429,00
Santa Cândida	Atuba	4.191,00
	Cachoeira	2.315,00
	Santa Cândida	8.891,00
	Tingui	3.887,00

Tabela 6.3 – Estrutura de Distribuição em Curitiba (continuação)

São Braz	Augusta	1.142,00
	Botiatuvinha	3.284,00
	Campo Comprido	7.837,00
	Cascatinha	689,00
	Cidade Industrial	47.790,00
	Lamenha Pequena	220,00
	Mossunguê	2.078,00
	Orleans	2.299,00
	Riviera	74,00
	Santa Felicidade	8.155,00
	Santo Inácio	1.850,00
	São Braz	7.290,00
	São João	917,00
Uberaba	Guarabituba	3.616,00
	Jardim das Américas	4.470,00
	Uberaba	19.490,00

Fonte: Departamento Operacional de Encomendas/ECT

Comparando a rede logística de distribuição existente na cidade de Curitiba com a rede estimada por meio do modelo proposto, podemos perceber que existe um certo grau de ociosidade da rede atual. No entanto, conforme informações de especialistas da ECT, a capacidade produtiva da rede logística de distribuição na área estudada foi dimensionada considerando a necessidade de uma folga que permita o atendimento de novas demandas comerciais decorrentes de ações de marketing e de propaganda.

6.4. ESTIMATIVA DA REDE PARA 2010

Tomando como base os dados fornecidos, partiu-se para estimar a demanda utilizando-se do modelo de previsão definido no Capítulo 5. Para tanto, buscou-se informações junto ao IPPUC sobre a estimativa de crescimento de cada variável que compõe o modelo expresso na equação (5.2), que são apresentadas na Tabela 6.4.

De posse do incremento estimado, atualizaram-se os valores de cada variável aos quais foi aplicada a equação 5.2, conforme segue.

$$Y = 51.045,41 \quad (6.8)$$

Tabela 6.4 – Incremento Estimado nas Variáveis Socioeconômicas para 2010

Variáveis	Incremento Estimado
População (Pop1)	4,30%
Frota de Veículos (Ec7)	1,23%
Quantidade de Serviços (Ec2)	1,40%
Renda Mediana dada em Salários Mínimos (Ec8)	1,12%

Fonte: IPPUC

A partir da quantidade estimada de encomendas, o processo de cálculo do número de rotas que seriam necessárias para a distribuição da carga em questão foi feito para estimar a rede necessária em 2010.

Revedo os cálculos de 6.1, 6.2 para o novo volume de encomendas encontraram-se um total de 381 rotas, conforme segue.

$$\begin{aligned}
 n &\geq \frac{119.446,25 + 45.258,07}{0,9.480} \\
 &= 381,26 \\
 &\cong 381 \text{ rotas}
 \end{aligned} \tag{6.9}$$

Dado que a estrutura de custos fixos (CF) foi mantida inalterada e que os custos variáveis (CV) aumentaram em função da nova quantidade de rotas, foi encontrada uma nova quantidade mínima de rotas necessária para criar um CD (n_L), conforme segue.

$$\begin{aligned}
 n_L &= \frac{(51.045.1,50) - 1.205,10}{3.115,27} \\
 n_L &= 24,19 \\
 n_L &\cong 24
 \end{aligned} \tag{6.10}$$

A Figura 6.2 apresenta a representação gráfica do resultado encontrado em 6.10.

Recalculando 6.7 a partir dos novos parâmetros estimados, a quantidade de CDs necessária para atender ao Município de Curitiba é:

$$\begin{aligned}
 N_{CD} &= \frac{381}{24} \\
 &= 15,76 \\
 &\cong 16
 \end{aligned}
 \tag{6.11}$$

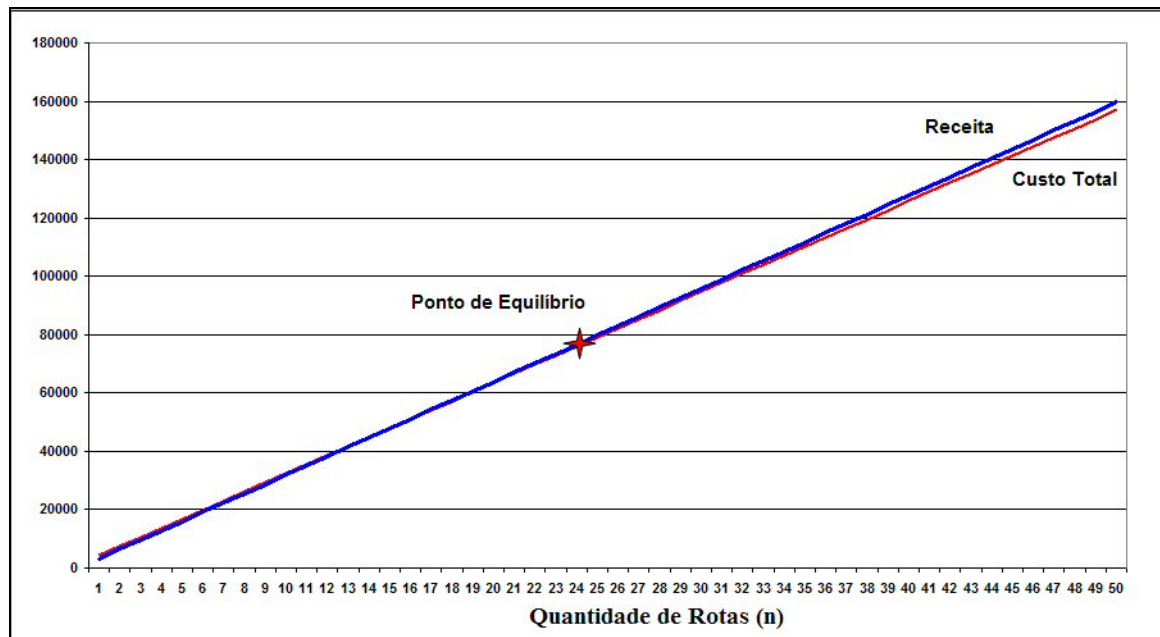


Figura 6.2 – Determinação do Número de Rotas (n) a partir do Novo Ponto de Equilíbrio

Fonte: Produzido pelo autor.

Segundo o resultado obtido a partir da aplicação da metodologia, seriam necessários 16 centros de distribuição para atender a toda cidade de *Curitiba* no estado do *Paraná* no ano de 2010.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O modelo de quantificação de centros de distribuição (MQCD) proposto neste trabalho permite tanto avaliar uma rede existente quanto dimensionar uma rede logística de distribuição total ou parcialmente. Assim, o MQCD desenvolvido propõe-se ser uma ferramenta valiosa de apoio à tomada de decisão no processo de planejamento e avaliação de redes logísticas de distribuição de encomendas expressas.

No desenvolvimento do MQCD procurou-se analisar o problema real de um centro de distribuição de encomendas com o intuito de conhecer todas as variáveis relevantes no desempenho da operação do mesmo. Esse conhecimento permitiu encontrar o relacionamento matemático que existe entre todas as variáveis analisadas e poder formular o MQCD, assim como desenvolver outras relações matemáticas necessárias e imprescindíveis para aplicação do modelo, tais como a função de demanda, análise do ponto de equilíbrio do CD, indicadores de tempo das atividades externas e internas ao CD, entre outras.

Uma das principais contribuições no MQCD foi a inserção da variável demanda, quantidades de encomendas, como variável de decisão, o que permite simular cenários e fazer previsões. Para isso, foi desenvolvida uma função demanda que se mostrou robusta, pois atendeu a todos os preceitos estatísticos inerente ao processo de modelagem econométrica. O modelo de demanda obtido demonstrou que é viável estudar o comportamento da quantidade de encomendas, em função de variáveis geo-políticas e sócio-econômicas de uma região e poder fazer previsões bastante acuradas da mesma, ajudando no processo de determinação do número de CD necessários nessa região.

Esse fato é relevante no planejamento estratégico de uma empresa que atua nesse setor, já que lhe permite planejar seus investimentos e ações estratégicas e táticas para ampliar seus negócios. No entanto, ressalta-se que devido à diversidade regional do país, precisa-se verificar a aplicabilidade do modelo de demanda estimado. Assim, recomenda-se que para

outras regiões sejam realizados estudos específicos para ajustar ou desenvolver outro modelo de demanda.

Outro ponto importante sobre o modelo proposto é a questão de que considera um dos mais utilizados métodos de custeio na área de serviço, o *Activity-Based Cost* (ABC). Somente com a aplicação deste método (gerenciamento baseado em atividades) foi possível analisar a operação de um *courrier* e poder incorporar ao MQCD a flexibilidade necessária para sua operação.

Um dos principais objetivos do MQCD é tratar de manter um ótimo nível de serviço ao mínimo custo nos CD, para isso partiu-se do desempenho operacional de um CD. Porém no desenvolvimento da pesquisa observou-se que esse aspecto era importante, mas não era decisivo na definição do número de CD, já que não restringia esse valor no MQCD. Assim, foi introduzida ao modelo a análise do ponto de equilíbrio, de forma a considerar os aspectos financeiros, essenciais para toda empresa. Talvez a análise apresentada nesta pesquisa seja bastante simplista pela falta de dados necessários para uma análise mais elaborada, no entanto é um ótimo instrumento de análise para definir realisticamente o número de CD.

A aplicação do MQCD em uma empresa do setor mostrou que é uma poderosa ferramenta de análise, sendo que os resultados obtidos foram coerentes com a realidade atual da empresa. Assim, o modelo pode ser aplicado a outros *courriers*, com alguns ajustes relativos ao processo de trabalho.

A rigor, pode-se concluir que o MQCD é uma ferramenta de apoio à decisão que ainda falta ser aprimorada, principalmente o conjunto de relações matemáticas adjuntas ao modelo. Assim, um ponto importante, seria a incorporação de uma análise mais detalhada dos custos envolvidos com o processo de distribuição, de modo a simular cenários para uma rede logística de distribuição otimizada, o que pode ser complementado pela análise dinâmica do investimento envolvido com a criação de um CD. Outro aspecto seria realizar uma análise mais detalhada do comportamento do percurso improdutivo, característica inerente ao processo de distribuição porta a porta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARMSTRONG, J. S. Long-range forecasting: from crystal ball to computer. 2 ed. New York: John Wiley, 1985.
- [2] BALLOU, R. H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.
- [3] _____. Gerenciamento da cadeia de suprimento: planejamento, organização e logística empresarial. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- [4] BARNETT, F. W. "Four steps to forecast total market demand" in: Harvard Business Review: Boston, 4, jul - aug 1988, p. 28 - 37.
- [5] BARRON, M., TARGETT, D. The manager's guide to business forecasting: how to understand and use forecasts for better business results. New York: Basil Blackwell, 1985.
- [6] BOWERSOX, D. J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.
- [7] CEPA/UFRGS. *Pesquisa do Ambiente Competitivo de Encomendas*. Centro de Estudos e Pesquisas em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- [8] CHAMBERS, J. C., MULLICK, S. K., SMITH, D. D. "How to choose the right forecasting technique" in: Harvard Business Review: Boston, n. 4, jul - aug 1971, p. 45 - 74.
- [9] CHAMBERS, J. C., MULLICK, S. K., SMITH, D. D. An executives guide to forecasting. Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1974.
- [10] CHIMERINE, L. "A mágica do planejamento" in: HSM Management: ano 1, n. 4, set - out 1997, p. 20-24.
- [11] COGAN, S. Activity-Based Costing (ABC): a poderosa estratégia empresarial. São Paulo: Pioneira, 1994.
- [12] Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos – ECT, Manual de Organização – MANORG.
- [13] Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos – ECT, Manual de Comercialização e Atendimento – MANCAT.
- [14] FARRAR, D. E. e GLAUBER, R. R., *Multicollinearity in Regression Analysis: The problem revisited* em: Review Economic & Statistics: 1967, vol. 49, p. 92 - 107.
- [15] GEORGOFF, D. M. & MURDICK, R. G. "Manager's guide to forecasting" in: Harvard

- [16] GUJARATI, D. N. *Econometria Básica*. 2000, 3.ed. São Paulo: MAKRON Books.
- [17] HENDERSON, J. M., QUANDT, R. E. Teoria Microeconômica: uma abordagem matemática. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1988.
- [18] HENDRY, D. F. *Dinamic Econometric*. New York: Oxford University Press, 1995.
- [19] KOTLER, P. Administração de marketing: a edição do novo milênio. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- [20] KOUTSOYIANNIS, A. *Theory of Econometrics*. 1973, 2.ed. London: The Macmillan
- [21] MAGEE, J. F. *Logística industrial: análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição*. Tradução: Ana Lúcia Boucinhas. Pioneira, São Paulo, 1977.
- [22] MAHAMOUD, S. E. "Accuracy in forecasting: a survey" in: Journal of Forecasting : abr - jun 1984, p. 139. Ed. Toronto: John Wiley & Sons, 1977.
- [23] MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S. C. Forecasting methods for management.
- [24] MATOS, O. C. de. *Econometria Básica*. 1997, 1 ed. São Paulo: Atlas.
- [25] MOTTA, J. "Como reduzir a incerteza em previsão de vendas" in: Revista de Administração de Empresas: Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, jan - mar 1986, p. 25-42.
- [26] MIRAPALHETA, G. C.. Técnicas de previsão aplicadas ao mercado de informática no Brasil. Tese de mestrado na FGV. 1993.
- [27] MYNBAEV, K. T., LEMOS, A. Manual de Econometria. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2004.
- [28] NAKAGAWA, M. ABC: custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1994.
- [29] NETER, J., WASSERMAN, W., WHITMORE, G. A. Applied Statistics. 4. ed. Boston: Allyn and Bacon, 1993.
- [30] NEWBOLD & BOS. Introductory business & economic forecasting. Cincinnati: South-Western Publishing Co., 1994.
- [31] NOVAES, A. G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2001.Press Ltd.
- [32] NOVO DICIONÁRIO DA LÍNGUA PORTUGUESA. 2. ed. revista e ampliada. 37-a impressão. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1986.
- [33] PASSOS, C. R. M., NOGAMI, O. Princípios de Economia. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 2003.
- [34] PLAYER, S. e LACERDA, R. Lições mundiais da Arthur Andersen em ABM – Activity-Base Management: estudos de casos. São Paulo: Futura, 2000.
- [35] PENTEADO FILHO, J. R. W. Previsão de vendas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1984.

- [36] PEREIRA DIAS, G. P. Processo de previsão de vendas. Trabalho de Formatura. Escola Politécnica da USP. 1988.
- [37] PYNDICK, R. S., RUBINFELD, D. L. Microeconomia. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- [38] ROSS, C. E. & GREENO, J. L. & SHERMAN, A.. "Planejamento de cenários" in: HSM Management: ano 2, n. 11, nov - dez 1998, p. 100-110.
- [39] SAMUELSON, P. A., NORDHAUS, W. D. Economia. 10. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1999.
- [40] SULLIVAN, W. G, CLAYCOMBE, W. W. Fundamentals of forecasting - Reston, Virginia: Prentice-Hall Company, 1977.
- [41] VARIAN, H. R. Microeconomia: princípios básicos. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- [42] WACK, P. "Scenarios: uncharted waters ahead" in: Harvard Business Review: Boston, n. 5, set - out 1985, p. 73 - 89.

I. Sites consultados:

- <http://www.curitiba.pr.gov.br>
- <http://www.hbsp.harvard.edu/products.htm>
- <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jtoc?Type=DD&ID=73001094>
- <http://hops.wharton.upenn.edu/forecast/>
- <http://www.ibge.com.br>