Uso e aplicação de modelos econômicos em sistemas de informação para Geomarketing

Tiago Eugenio de Melo

Dissertação de Mestrado

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE BC
Nº CHAMADA T/UNICAMP M491u
V ____ EX ____
TOMBO BC/ 57795
PROC 16-227-04
C ____ D ____
PREÇO 11,00
DATA 17/04/2004
Nº CPD

CM00197092-3
BIBID. 316143

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO IMECC DA UNICAMP

Melo, Tiago Eugenio de

M491u Uso e aplicação de modelos econômicos em sistemas de informação para geomarketing / Tiago Eugenio de Melo – Campinas, [S.P. :s.n.], 2003.

Orientadora : Cláudia Maria Bauzer Medeiros.

Trabalho final (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

1. Marketing – Processo decisório. 2. Sistemas de informação geográfica – Modelos econômicos. 3. Engenharia de software. I. Medeiros, Cláudia Maria Bauzer. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. III. Título.

Instituto de Computação
Universidade Estadual de Campinas

Uso e aplicação de modelos econômicos em sistemas de informação para Geomarketing

Tiago Eugenio de Melo

Dezembro de 2003

Banca Examinadora:

- Prof. Dra. Cláudia Maria Bauzer Medeiros
  Instituto de Computação, UNICAMP (Orientadora)
- Prof. Dr. Edson Norberto Cáceres
  Departamento de Computação e Estatística, UFMS
- Prof. Dra. Cecília Mary Fischer Rubira
  Instituto de Computação, UNICAMP
- Prof. Dr. Edmundo Roberto Mauro Madeira (Suplente)
  Instituto de Computação, UNICAMP

Uso e aplicação de modelos econômicos em sistemas de informação para Geomarketing

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação devidamente corrigida e defendida por Tiago Eugenio de Melo e aprovada pela Banca Examinadora.

Campinas, 02 de Dezembro de 2003.

Prof. Dra. Cláudia Maria Bauzer Medeiros
Instituto de Computação, UNICAMP
(Orientadora)

Dissertação apresentada ao Instituto de Computação, UNICAMP, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho Final Escrito defendido e aprovado em 02 de dezembro de 2003, pela Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores:

Prof. Dr. Edson Norberto Cáceres
DCT- UFMS

Profª. Drª. Cecília Mary Fischer Rubira
IC - UNICAMP

Profª. Drª. Claudia Maria Bauzer Medeiros
IC - UNICAMP

© Tiago Eugenio de Melo, 2003.
Todos os direitos reservados.

Aos meus pais.

"É que sou mestre em falar calado, passei toda a minha vida falando calado e vivi comigo mesmo tragédias inteiras calado."

Dostoiévski

Agradecimentos

- À minha família e, em especial, aos meus pais, que sempre me incentivaram e me apoiaram em todas as minhas decisões e sem eles não poderia ter concluído mais esta etapa.
- À professora Cláudia Maria Bauzer Medeiros, minha orientadora, pelos seus ensinamentos, disponibilidade, oportunidade, profissionalismo e atenção que me dedicou desde do primeiro dia e por quem tenho a mais alta estima.
- Aos meus amigos e companheiros César Augusto Viana Melo e Jean Carlo de Souza Silva pelo convívio harmonioso e pelas conversas em todos os momentos.
- À Virginia Nunes Bessa, pelo seu carinho e atenção.
- Às Faculdades Objetivo, em nome da professora Maria Hercília Tribuzi de Magalhães Cordeiro, pelo apoio que me foi dado desde do início desta caminhada.
- Aos professores do curso de Processamento de Dados das Faculdades Objetivo e, em especial, ao meu amigo Emmerson Santa Rita da Silva, pelo apoio e pela sua sincera torcida.
- Ao meu amigo Arlindo Gonçalves dos Santos Netto pelo fornecimento dos dados.
- Ao meu amigo Jansen Carlo Senna pela disponibilidade em ajudar.
- Aos professores do Instituto de Computação da Universidade Estadual de Campinas.
- À banca examinadora pelas sugestões.
- Ao apoio dos projetos MCT-PRONEX SAI e CNPq Web Maps.

Resumo

O conhecimento de clientes e concorrentes é uma questão de sobrevivência no mundo dos negócios. Empresas ganham competitividade pela agilidade em manipular dados de negócios associados à dimensão geográfica. A busca por eficiência na tomada de decisão motivou o aparecimento do geomarketing, que combina as estratégias e políticas de marketing a sistemas de informação e à localização geográfica dos recursos envolvidos.

Este trabalho visa contribuir para esta área, ainda incipiente, através da combinação de resultados em modelos econômicos, computação e geoprocessamento. As principais contribuições desta dissertação são: (a) levantamento dos aspectos teóricos subjacentes a sistemas de informação aplicados a geomarketing, tanto do ponto de vista de modelos econômicos, quanto de ciência da computação; (b) análise dos aspectos de engenharia de *software* aplicados ao desenvolvimento de projetos nesta área; e (c) implementação de um estudo de caso real, adaptando um modelo econômico específico, e acoplando-o a um sistema de informação geográfica.

Abstract

Survival in the business world depends on knowledge of one's clients and competitors. A crucial factor in this competition is the ability to manage business data whitin a geographic context. The search for efficiency in decision making motivated the emergence of geomarketing, which combines marketing policies and strategies to information systems and the geographic location of the resources manipulated.

This work aims to fill a gap in this nascent area, by combining results in economic models, computer science and geoprocessing. The main contributions of this dissertation are: (a) survey of the theoretical basis underlying information systems applied to geomarketing, both in economic modeling and computing science aspects; (b) analysis of software engineering methodologies applied to the development of geomarketing applications; and (c) implementation of a real life case study in geomarketing, adapting a specific economic model, and coupling it to a geographic information system.

Sumário

Agradecimentos viii

Resumo ix

Abstract x

1 Introdução 1

2 Conceitos Básicos 3

2.1 Sistemas de Informação Geográfica . . . 3

2.1.1 Histórico . . . 4

2.1.2 Arquitetura . . . 5

2.1.3 Banco de Dados Geográficos . . . 7

2.1.4 Modelagem e Qualidade de Dados . . . 8

2.1.5 Aplicações . . . 9

2.2 Cartografia . . . 10

2.2.1 Conceitos . . . 10

2.2.2 Escalas . . . 11

2.2.3 Sistemas de Coordenadas . . . 12

2.2.4 Projeções Cartográficas . . . 13

2.3 Geomarketing . . . 15

2.3.1 Definições . . . 15

2.3.2 Histórico . . . 16

2.3.3 Uso do Conhecimento Geográfico nos Negócios . . . 17

2.3.4 Aplicações . . . 19

2.3.5 Dificuldades para Implantação de Geomarketing . . . 21

2.4 Conclusões . . . 22

3 Modelos Localizacionais para Geomarketing 23

3.1 Teoria da Localização . . . 23

3.1.1 Classificação . . . 24
3.1.2 Metodologia . . . 24
3.1.3 Histórico . . . 25
3.2 Lei Gravitacional de Reilly . . . 27
3.2.1 Pólos de Atração dos Centros Comerciais . . . 27
3.2.2 Mercadorias Comuns e de Luxo . . . 28
3.2.3 Nível das Rendas e Raio de Atração . . . 29
3.2.4 A Lei de Gravitação do Comércio Varejista e a Fórmula de Reilly . . . 30
3.2.5 Fator de Inércia . . . 31
3.2.6 Determinação dos Limites das Áreas de Mercado . . . 33
3.2.7 Níveis de Renda e Compras nos Centros Menores ou na Cidade . . . 33
3.2.8 Faixa de Concorrência . . . 34
3.3 Teoria do Lugar Central de Walter Christaller . . . 35
3.3.1 A Idéia Geral de Centralidade . . . 35
3.3.2 Comportamento do Consumidor de Bens Centrais . . . 36
3.3.3 O Lugar Central e as Características da Região Complementar . . . 37
3.3.4 A Ordem do Bem Central . . . 38
3.3.5 O Sistema de Lugares Centrais . . . 39
3.4 Conclusões . . . 42

4 Ferramentas Utilizadas **43**
4.1 ArcView . . . 43
4.1.1 Objetos no ArcView . . . 44
4.1.2 Tipos de dados . . . 45
4.2 Avenue . . . 45
4.3 *Network Analyst* . . . 45
4.4 Conclusões . . . 46

5 SIG e Engenharia de *Software* **48**
5.1 Modelos de Processo de *Software* . . . 48
5.1.1 Ciclo de Vida Clássico . . . 48
5.1.2 Desenvolvimento Formal de Sistemas . . . 49
5.1.3 Modelo Espiral . . . 49
5.1.4 Prototipação de *software* . . . 50
5.1.5 Abordagem adotada para o estudo de caso . . . 52
5.2 Especificação do Sistema Alvo do Trabalho . . . 52
5.3 *Interface* do Sistema Alvo . . . 53
5.4 Conclusões . . . 54

6 Estudo de Caso **55**
6.1 Caracterização do Estudo de Caso 55
6.2 Dados Utilizados 56
6.3 Arquitetura do Sistema 57
6.3.1 Casos de Uso 58
6.3.2 Projeto de *Interface* 60
6.4 Exemplo de uso da ferramenta 60
6.5 Conclusões 64

7 Conclusões e Extensões **66**
7.1 Conclusões 66
7.2 Extensões 67

Referências **69**

Lista de Figuras

2.1 Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. 6
2.2 Representação de geóide, elipsóide e esferóide. 11
2.3 Materiais, métodos e escalas em cartografia básica. 12
2.4 Posicionamentos da projeção em relação à Terra. 14
2.5 Classificação de projeções. 14

3.1 Teorias Clássicas de Localização. 26
3.2 Regiões centrais e suas áreas de influência. 40
3.3 Determinação dos lugares centrais. 41
3.4 Sistema Teórico de Lugares Centrais. 42

4.1 Esquema do relacionamento dos componentes de um projeto. 44
4.2 Exemplo de uso do *Network Analyst*. 47

5.1 Modelo de Ciclo de Vida Clássico. 49
5.2 Processo formal de desenvolvimento. 49
5.3 Modelo Espiral. 50
5.4 Processo de desenvolvimento de protótipo. 51
5.5 Prototipação evolutiva e descartável. 51

6.1 Arquitetura do Protótipo. 58
6.2 Principais casos de uso do sistema. 59
6.3 Exemplo de tela com temas utilizados e os itens implementados. 61
6.4 Script para o cálculo das distâncias e dos ângulos. 62
6.5 Aplicação do modelo estudado. 62
6.6 Geração do tema com os pontos de indiferença. 63
6.7 Geração do tema com a área de influência. 64
6.8 Uso de imagem como fundo. 65
6.9 Exemplo de saída de um arquivo gráfico. 65

Lista de Tabelas

2.1 Evolução da tecnologia de SIGs. 5
2.2 Comparação de formatos de dados geográficos. 8
2.3 Exemplos de aplicações de SIGs. 10

5.1 Princípios de projeto de *interface* de usuário. 54

Capítulo 1

Introdução

O comércio varejista tem um papel de destaque na economia brasileira. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estima que o setor movimentou 182,5 bilhões de reais e empregou 5,8 milhões de trabalhadores no ano de 2001. Além do elevado número de agentes participantes, a disputa comercial no setor vem mudando bastante. Há alguns anos, não existia, por parte dos empresários, a necessidade de conhecer a clientela e os seus concorrentes, devido à pouca oferta de produtos e a um número reduzido de competidores.

A evolução tecnológica das indústrias e o aumento das alternativas de compras tornaram a competição comercial mais acirrada. O conhecimento, por parte dos homens de negócio, de clientes e concorrentes, se transformou numa questão de sobrevivência comercial, em que a dimensão geográfica se apresenta como um elemento inerente a este conhecimento.

As questões relacionadas à localização também podem ser estendidas ao setor público. Neste caso, o interesse não corresponde a um retorno financeiro, mas sim à satisfação de um setor da população. Inclusive, pelo seu caráter subjetivo, se torna ainda mais difícil de ser alcançada.

Este cenário se contrapõe às atividades de tomada de decisão por parte dos administradores. Mas cada vez mais surge a necessidade de apoio de sistemas especializados, quer para extrair dados e regras (*data mining*), quer para facilitar estatísticas (*data warehouse*). Ainda outras ferramentas de apoio à decisão baseadas em *software* incluem técnicas de otimização e previsão.

Diante deste cenário é que surge o geomarketing, que envolve o estudo das relações existentes entre as estratégias e políticas de marketing associadas aos sistemas de informação, buscando um maior e melhor conhecimento do mercado em suas várias nuances, especialmente vinculadas ao espaço onde as transações ocorrem. O objetivo é conhecer melhor a clientela efetiva e potencial, as tendências, a concorrência, as oportunidades e ameaças.

De fato, o geomarketing está se tornando grande alvo de interesse de empresas no intuito de melhorar o entendimento das necessidades dos seus clientes, cada vez mais exigentes. Porém, o estágio de desenvolvimento deste tipo de conhecimento ainda está no seu início.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são as ferramentas mais utilizadas por quem trabalha com geomarketing, por sua capacidade de combinar mapas a informações oriundas de diversas fontes. Além disso, facilitam atividades de geolocalização e análise espacial.

O objetivo desta dissertação é estudar os modelos econômicos que podem ser aplicados ao marketing e discutir sua empregabilidade, com implementação de um estudo de caso. As principais contribuições são:

- Estudo e levantamento da bibliografia em Geomarketing e como este pode ser desenvolvido utilizando ferramentas de geoprocessamento.
- Análise de algumas das técnicas e metodologias de computação associadas, e sua contribuição ao problema.
- Estudo e análise de modelos econômicos que podem ser usados em Geomarketing.
- Aplicação dos itens anteriores a um estudo de caso, implementado e testado, mostrando o uso de um modelo econômico específico a um problema de Geomarketing.

A dissertação possui mais seis capítulos. O capítulo 2 apresenta uma revisão sobre geoprocessameto e Geomarketing. O capítulo 3 revê os modelos econômicos utilizados nesta dissertação. O capítulo 4 apresenta as principais ferramentas utilizadas durante o desenvolvimento deste trabalho. O capítulo 5 discute os aspectos de Engenharia de *Software* relevantes ao desenvolvimento de aplicação de Geomarketing. O capítulo 6 apresenta a arquitetura implementada no estudo de caso e um exemplo de uso da implementação. Por último, o capítulo 7 apresenta as conclusões da dissertação e propõe possíveis extensões deste trabalho.

Capítulo 2

Conceitos Básicos

Este capítulo apresenta os conceitos que serão utilizados durante o transcorrer deste trabalho. Ele está divido em três partes. A primeira parte serve como caracterização dos sistemas de informação geográfica, através da apresentação dos principais conceitos, da natureza dos dados geográficos e de possíveis aplicações.

A segunda parte apresenta noções de cartografia, o conceito de escalas, sistemas de coordenadas e projeções cartográficas. A última parte consiste na apresentação do tema deste trabalho, ou seja, de geomarketing. Como não existe literatura específica do tema, esta parte foi organizada de maneira a tornar possível ao leitor uma compreensão geral do assunto.

2.1 Sistemas de Informação Geográfica

Câmara *et al.* [ea96] define *Sistemas de Informação Geográfica* (SIGs) como sistemas automatizados utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. [Chr96] traz uma outra definição para o termo: um sistema de *hardware*, *software*, dados, pessoas, organizações e acordos institucionais para a coleta, armazenamento, análise e disseminação da informação sobre as áreas da Terra.

São várias as definições de SIGs, pois cada uma reflete a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. Existem duas características importantes que devem ser mencionadas. A primeira é que tais sistemas possibilitam a integração, numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes diversas. A outra é que os SIGs oferecem mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados, através de algoritmos de manipulação e análise.

Os SIGs são utilizados em diversas aplicações e em várias áreas do conhecimento humano, como planejamento urbano, cartografia, administração de recursos naturais, além de várias outras que surgem a cada dia. Além disso, são utilizados por um público cada vez maior e de diferentes formações.

2.1.1 Histórico

A maneira mais antiga, e ainda bastante comum, de processar e apresentar dados num contexto espaço-temporal é através de mapas. Estes utilizam um sistema de coordenadas como forma *georreferenciada* de armazenamento dos seus elementos. [HL95] define georreferenciamento como o processo de localizar as feições dentro de um modelo da superfície da Terra. O processamento de mapas em papel é muito caro e está sendo substituído pelo processo automatizado, através do uso de sistemas computacionais.

De acordo com [Sil99], o Atlas que acompanhava o segundo relatório para a direção da Estrada de Ferro Irlandesa (1838) talvez tenha sido o primeiro SIG. O Atlas consistiu de uma série de mapas que informava o contexto populacional, o fluxo de tráfego, a geologia e a topografia. Através da superposição dos diferentes atributos de uma determinada posição espacial, a direção da empresa podia tomar as decisões que achasse pertinentes.

Os anos compreendidos entre 1835 e 1855 são considerados como o período de ouro da cartografia, devido ao aparecimento de muitas técnicas inovadoras. A concepção de registrar diversos níveis de informação em uma série de mapas temáticos semelhantes foi estabelecida em uma convenção de cartografia ocorrida em 1876.

Segundo [ea96], as primeiras tentativas de automatizar o processamento de dados georreferenciados ocorreram nos anos 50, na Inglaterra e nos Estados Unidos, com o objetivo de diminuir os custos com os processos citados anteriormente. Na Inglaterra, foi desenvolvido um sistema de produção de mapas para pesquisa em botânica, onde os dados haviam sido previamente perfurados em cartões. No segundo caso, tratava-se de um sistema desenvolvido em Chicago para mostrar graficamente o volume de tráfego em algumas vias da cidade.

Os primeiros SIGs propriamente ditos datam dos anos 60. Seu desenvolvimento, no Canadá, fez parte de um plano estratégico governamental de longo prazo para criar um inventário automatizado de recursos naturais. Os principais objetivos eram o planejamento de recursos naturais e o uso do solo. Na década de 70, surgiu a topologia aplicada, através do desenvolvimento de fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, permitindo análises espaciais entre elementos cartográficos.

A pesquisa na área de SIGs tem enfatizado três diferentes perspectivas: a tecnologia, as aplicações e a teoria associada. Essas perspectivas podem ser melhor entendidas considerando os grupos de pessoas que possuem interesse em SIGs. O primeiro grupo con-

siste de acadêmicos em Computação dentro das universidades. Atuam, principalmente, em computação gráfica e na otimização de algoritmos de análise espacial e de extração de informações. O segundo grupo consiste na combinação de acadêmicos e profissionais de mercado que têm o problema para resolver e que envolve a análise de dados geográficos. Normalmente este grupo de pessoas trabalha para agências do governo ou para grandes empresas do setor privado. O terceiro grupo é formado por acadêmicos em Geografia.

Câmara *et al.* [Câm95] faz a classificação dos SIGs em três gerações. A primeira geração, baseada em *Computer Aided-Design* (CAD) cartográfico, caracterizava-se por suporte limitado de banco de dados e o mapa como paradigma típico de trabalho. Esta geração também pode ser caracterizada como sistemas orientados a projeto. A segunda geração, baseada em bancos de dados geográficos, chegou ao mercado no início da década de 90 e caracterizou-se pelo seu uso em ambientes cliente-servidor, acoplada a gerenciadores de banco de dados relacionais e com pacotes adicionais para processamento de imagens. A terceira geração, baseada em bibliotecas digitais geográficas ou centros de dados geográficos, é caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes locais e remotas, públicas ou privadas. A Tabela 2.1 apresenta um resumo desta classificação.

	1a Geração (1980-1990)	**2a Geração** (1990-1997)	**3a Geração** (1997-?)
Tecnologia	CAD, cartografia	BD, imagens	sistemas distribuídos
Uso principal	desenho de mapas	análise espacial	centro de dados
Ambiente	projetos isolados	cliente-servidor	multi-servidores
Sistemas	pacotes separados	sistema integrado	interoperabilidade

Tabela 2.1: Evolução da tecnologia de SIGs.

2.1.2 Arquitetura

Câmara *et al.* [ea96] caracteriza um SIG pelos seguintes componentes: *interface* com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados. A Figura 2.1 apresenta a relação entre esses componentes.

Atualmente, os SIGs têm disponibilizado *interfaces* baseadas em menus e botões, de forma a se tornarem mais interativas para o usuário, facilitando a sua operação. A entrada de dados em SIGs é realizada através de vários dispositivos como: caderneta de campo,

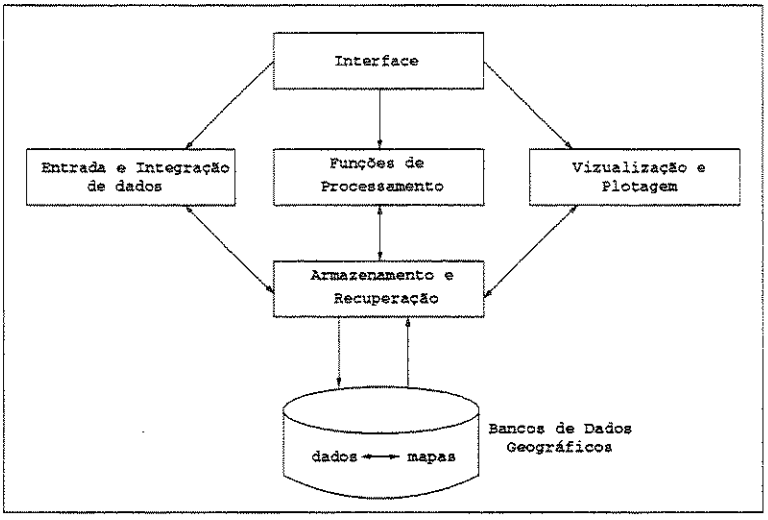

Figura 2.1: Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.

Global Positioning System (GPS), mesa digitalizadora, *scanner* e a leitura de dados na forma digital, incluindo a importação de dados em outros formatos.

As funções de processamento são naturalmente dependentes dos tipos de dados envolvidos. A análise geográfica engloba funções como superposição, ponderação, medidas, dentre outras. O processamento digital de imagens envolve funções como retificação, contraste, filtragem, realce e classificação. Modelos numéricos de terreno permitem a geração de mapas de declividade e aspecto, cálculo de volumes, análise de perfis, além da própria geração do modelo a partir de pontos esparsos ou linhas, entre outras funções. Operações sobre redes incluem caminhos ótimos, caminhos críticos e ligação topológica. Já as consultas aos bancos de dados podem ser espaciais ou não.

Os ambientes de visualização de um sistema são conseqüência do paradigma adotado para a *interface*. Quanto à produção cartográfica, alguns sistemas dispõem de recursos altamente sofisticados de apresentação gráfica, englobando a definição de uma área de plotagem, colocação de legendas, textos explicativos e notas de crédito.

As funções de administração e recuperação são responsáveis pela comunicação entre os demais modelos e o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).

Os dados de um SIG são geralmente organizados sob a forma de um banco de dados geográfico. Tradicionalmente, os SIGs armazenavam os dados geográficos em arquivos internos. Este tipo de solução vem sendo substituída pelo uso cada vez maior de SGBDs.

2.1.3 Banco de Dados Geográficos

Bancos de dados geográficos possuem basicamente dois tipos de dados: descritivos ou alfanuméricos e dados georreferenciados ou espaciais. Além disso, podem armazenar características gráficas que servem para a visualização de fenômenos - por exemplo, cores ou ícones.

Os dados alfanuméricos podem ser divididos em: atributos de dados espaciais e atributos georreferenciados. Os atributos espaciais fornecem informações descritivas acerca das características de algum dado espacial. Estão ligados aos elementos espaciais através de identificadores comuns, normalmente chamados de geocódigos, que estão armazenados tanto nos registros alfanuméricos, como nos espaciais. Os atributos georreferenciados são os dados que georreferenciam alguma característica específica, sem descrever as suas feições espaciais.

A capacidade de estabelecer relações espaciais entre objetos georreferenciados é uma das principais características dos SIGs. Essa capacidade é conhecida como *topologia*, ou seja, o estudo genérico dos lugares geométricos, com suas propriedades e relações. Essa estrutura, além de descrever a localização e a geometria das entidades, define relações de conectividade, proximidade, pertinência e intersecção.

Os programas para SIGs são projetados de modo a permitir exames de rotina em ambas as bases gráfica e alfanumérica, simultaneamente. Além do armazenamento, é necessário que os SIGs possam executar operações espaciais. Para isso, eles contam com um conjunto de algoritmos que lhes permitem analisar topologicamente as entidades espaciais.

Existem dois formatos para dados geográficos: *vetorial* e *raster*. No formato vetorial os dados são representados através de pontos, linhas e polígonos, através de pares de coordenadas, por exemplo, (longitude, latitude).

No formato raster, também conhecido como matricial, tem-se uma matriz de células, às quais estão associados valores, que permitem reconhecer os objetos sob a forma de sua imagem digital. Cada uma das células, denominadas de *pixel*, é endereçável por meio de suas coordenadas (linha, coluna) e cada um dos *pixels* está associado a valores. Esses valores são usados para duas funções: visualização e descrição do fenômeno associado. Do ponto de vista de visualização, os valores serão sempre números inteiros e limitados, geralmente de 0 a 255, de acordo com [Bar00]. Valores são utilizados para definir uma cor para apresentação na tela ou para impressão. Por exemplo, num mapa de solos, cada valor é associado a um tipo de solo.

Os valores dos *pixels* representam uma medição de alguma grandeza física, correspondente a um fragmento do mundo real. Por exemplo, em uma imagem obtida por satélite, cada um dos sensores é capaz de captar a intensidade da reflexão de radiação eletromagnética sobre a superfície da Terra em uma específica faixa de freqüências. Quanto mais alta a reflectância, no caso, mais alto será o valor do *pixel*.

Fazendo uma comparação entre os dois formatos, percebe-se que o modelo raster é o mais simples. Em geral, é utilizado em aplicações voltadas ao meio ambiente, onde há menos incidência de artefatos humanos e onde a geometria de objetos é menos precisa. Já o formato vetorial se presta mais à manipulação geométrica e é mais adequado a aplicações que envolvem artefatos humanos (estradas, redes de canalização e edificações). A Tabela 2.2 apresenta alguns aspectos comparativos entre os dois formatos.

Aspectos	Formato Vetorial	Formato Raster
Armazenamento	Armazenagem através de coordenadas. Menos espaço.	Armazenagem através de estruturas de dados complexas.
Mapas	Os mapas gerados são de boa qualidade.	Os mapas gerados não possuem uma boa aparência.
Manipulação de imagens	Consegue operar eficientemente com imagens digitais.	Não consegue manipular imagens digitais.
Tipos de aplicações	Redes de concessionárias, de água, esgoto, lixo, energia e telefonia.	Ambientais, planejamento, manejo e gestão ambiental.

Tabela 2.2: Comparação de formatos de dados geográficos.

2.1.4 Modelagem e Qualidade de Dados

A maioria dos sistemas de informação utilizam modelos para representação dos dados, sendo que grande parte deles são baseados nos conceitos de Entidade-Relacionamento ou Orientado a Objetos, com variações, principalmente, na tentativa de adaptar o modelo à natureza do dado geográfico.

Toda a representação digital da Terra contém erros. A questão crítica é quantos e que tipos de erros são aceitáveis. Um fator comum de incompatibilidade de dados se deve à projeção de mapa utilizado. [DF95] afirma que, embora um SIG seja tecnicamente capaz de transformar mapas na mesma escala, o processo envolve alguma operação pela qual os elementos de um mapa são adaptados ao desenho de um mapa de escala inferior. Este tipo de operação é conhecido como *generalização*. Assim, o usuário necessita decidir qual nível de generalização é aceitável para a sua aplicação.

A qualidade dos dados se refere mais às necessidades do usuário, ou seja, a qualidade sempre vai depender do contexto em que o dado é necessário. De acordo com [Chr83], a qualidade só pode ser conhecida em termos de um propósito, ou seja, qualidade é um conceito que deve ser avaliado dentro de um contexto específico. Assim, não é possível

obter uma descrição genérica de qualidade para utilização em SIG. Além da dificuldade em se conceituar qualidade, existe um outro problema que deve ser considerado: o fato de que a definição de qualidade pode ser abordada sob diferentes aspectos e aplicada em diferentes fases do processo de implantação de aplicações em SIG.

Apesar de não ser possível criar uma definição genérica para qualidade, é possível fazer uma avaliação de qualidade, de acordo com as exigências dos usuários finais, através da definição de *indicadores*, *índices* e *padrões*. De acordo com [Ale00], os indicadores são as características que se deseja medir, os índices são os resultados das medições e os padrões são os resultados que se pretende alcançar para aquele indicador.

É necessário definir indicadores e métodos de medição associados, estabelecer padrões de aceitação para cada indicador e tornar explícitos os resultados da avaliação da qualidade. De acordo com [Aro91], as características que afetam a qualidade dos dados geográficos podem ser agrupadas em três categorias:

- Características de nível macro.
- Características de nível micro.
- Características de uso.

As características de nível macro se relacionam aos dados como um todo. Normalmente são variáveis qualitativas, sendo avaliadas por julgamento ou por relatos de informação sobre os dados, de caráter mais subjetivo. As características de nível micro referem-se aos elementos individuais dos dados. Normalmente são variáveis quantitativas e, em geral, são avaliadas por testes estatísticos dos dados, usando uma fonte independente de qualidade comprovada. As características de uso são aquelas que dizem respeito aos recursos de uma organização em particular e estão relacionadas diretamente à sua aplicabilidade no dia-a-dia.

2.1.5 Aplicações

A evolução da tecnologia dos dispositivos computacionais e das pesquisas na área de geoprocessamento são fatores que, cada vez mais, ampliam o domínio de aplicações em SIG. [MGR93] classifica estas aplicações em: *sócio-econômicas*, agrupadas em uso da terra, ocupação humana e atividades econômicas; *ambientais*, agrupadas em meio ambiente e uso de recursos naturais; e *gerenciamento*, agrupadas em políticas de planejamento e avaliação de tomadas de decisão. A Tabela 2.3 apresenta alguns exemplos de aplicações de SIGs.

A classe de aplicações define a escolha de qual escala deverá ser usada, a fonte de dados e as funções de análise. De acordo com [ea96], as aplicações sócio-econômicas são,

Sócio-econômicas	Ambientais	Gerenciamento
Cadastros imobiliários rurais ou urbanos	Previsão do tempo	Planejamento de tráfego urbano
Sistemas de auxílio à navegação	Monitoração de desflorestamento	Controle de obras públicas
Estudos de marketing	Mapeamento mineral e petrolífero	Planejamento da defesa civil

Tabela 2.3: Exemplos de aplicações de SIGs.

em geral, voltadas para escalas grandes (1:200 a 1:20.000), ocupando-se de problemas localizados. As aplicações ambientais são, em geral, relacionadas a problemas em escalas menores, com conseqüente perda de precisão de medida. Esta regra de escala, fonte e precisão dos dados, nem sempre é aplicável: por exemplo, estudos ambientais podem se ocupar de regiões de pequena extensão, exigindo escalas maiores ou estudos sócio-econômicos podem abranger migrações populacionais em escala global.

Nem sempre é possível categorizar uma aplicação numa única classe: por exemplo, o estudo do impacto ambiental devido a correntes migratórias envolve tanto fatores sócio-econômicos quanto ambientais.

2.2 Cartografia

O uso efetivo de SIGs requer a integração de várias áreas do conhecimento. A cartografia é uma dessas áreas, pois não se pode imaginar operar com posicionamento geográfico sem ter um embasamento mínimo no assunto. Para tanto, o objetivo desta seção é dar ao leitor noções básicas que sirvam de elemento para um entendimento do restante deste trabalho.

2.2.1 Conceitos

De acordo com [Jol97], *cartografia* é entendida como o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, visando à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão. Um outro termo ligado à cartografia e que é comumente utilizado é a *geodésica*, definida por [ea95] como a ciência que se ocupa da determinação da forma, das dimensões e do campo gravitacional da Terra. Essa definição coloca em relevância a questão físico-geométrica.

A superfície terrestre é denominada de *superfície topográfica*. Esta é a superfície que, em geral, representa-se sobre um sistema plano de coordenadas. Para realizar essa transformação é necessário, primeiramente, projetar a superfície topográfica, ortogonalmente, sobre uma superfície de nível esférica. A projeção da superfície topográfica deve ser feita sobre uma superfície particular, normalmente, a superfície de altitude igual a zero, à qual se dá o nome de *geóide*. Ele não pode ser usado como uma superfície de referência para o posicionamento de pontos da superfície topográfica, embora possa ser usado como uma superfície de referência para as altitudes.

O *elipsóide* é a superfície adotada como referência para os cálculos de posição, distâncias, direções e outros elementos geométricos da cartografia. Elipsóides se ajustam ao geóide com uma aproximação de primeira ordem. A Figura 2.2 ilustra as diferenças e semelhanças entre geóide, esferóide e elipsóide.

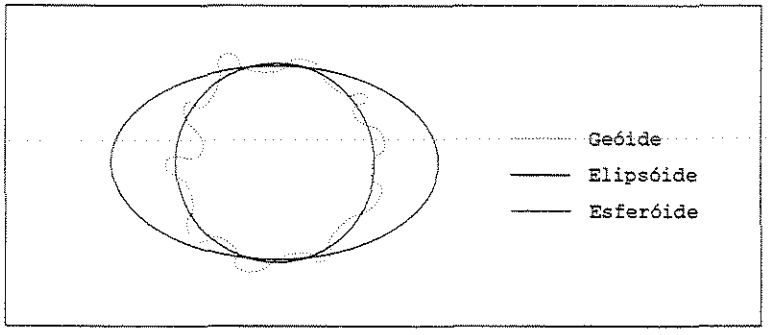

Figura 2.2: Representação de geóide, elipsóide e esferóide.

2.2.2 Escalas

A noção de *escala* está relacionada à maneira de representar o mundo. Ela pode ser definida como o mecanismo de transformar distâncias reais na superfície da Terra em distâncias compatíveis com os tamanhos de um determinado mapa.

A escala numérica normalmente é expressa por uma fração cujo numerador é a medida no mapa e o denominador a medida correspondente no terreno, com o auxílio da mesma unidade. Por exemplo, num mapa de 1:50.000, 1 mm no mapa representa 50.000 mm no mundo real, ou seja, 50 m no terreno. Diz-se que o mapa é de 1 para 50 mil. Disto resulta que a escala é tanto menor quanto maior o denominador.

As escalas podem ser classificadas em grandes e pequenas. As primeiras são aquelas em que grandes distâncias no terreno correspondem a grandes distâncias no mapa. 1:100.000 (cartas topográficas), 1:25.000 (levantamento de detalhe) e 1:5.000 (planos cadastrais ou

plantas de cidades) são exemplos de escalas grandes. Já 1:250.000, 1:500.000 (cartas corográficas) e 1:5.000.000 (cartas gerais), são exemplos de escalas pequenas.

Pode-se classificar as escalas menores que 1:100.000 como mapas, aquelas situadas entre 1:100.000 e 1:10.000 como cartas e aquelas maiores de que 1:10.000 como plantas. A Figura 2.3, retirada de [Sil99], apresenta um resumo sobre as relações existentes entre o material utilizado, o produto obtido, a escala conveniente e a área de abrangência.

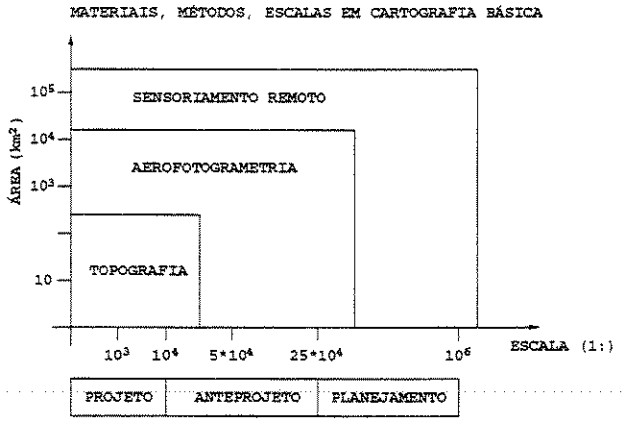

Figura 2.3: Materiais, métodos e escalas em cartografia básica.

À medida que os mapas analógicos são convertidos em mapas digitais, deve-se definir a noção da resolução espacial ou do tamanho do *pixel* de acordo com a escala em uso. Como a informação gráfica contida em um mapa é impressa com larguras mínima e máxima de 0,15 mm e 0,8 mm, respectivamente, sugere-se que a resolução espacial relacionada com a escala, ou seja, o tamanho do *pixel* na transformação de dados vetoriais para raster seja definida de acordo com as larguras mínima e máxima.

2.2.3 Sistemas de Coordenadas

Para a representação dos pontos sobre a superfície terrestre, é necessário selecionar um sistema de coordenadas. Em cartografia, os principais sistemas utilizados são: coordenadas geográficas, coordenadas cartesianas e coordenadas plano-retangulares.

Para que o posicionamento de um ponto sobre o elipsóide de referência seja realizado de maneira unívoca, foram estabelecidas linhas de referência imaginárias sobre ele. As linhas de referência permitem determinar a posição de um ponto sobre a superfície esférica e, em alguns casos, estabelecer a base para as linhas de referência do sistema de coordenadas do plano.

As linhas desenhadas no sentido norte/sul são denominadas *meridianos* e as linhas desenhadas no sentido leste/oeste são denominadas *paralelos*. Essas linhas estabelecem um sistema de coordenadas denominado *sistema de coordenadas geográfico*, cuja origem é um ponto situado sobre o meridiano que passa por Greenwich, na Inglaterra, e o Equador. As coordenadas definidas por esse sistema são denominadas *latitudes* e *longitudes*.

Um outro método empregado para representar as coordenadas terrestres é através do *sistema de coordenadas cartesianas*. Este sistema consiste de linhas perpendiculares em um plano que contém dois eixos principais, chamados de X (eixo horizontal) e Y (eixo vertical). O plano cartesiano é marcado por intervalos igualmente distribuídos nas linhas. A posição de qualquer ponto pode ser especificada através dos valores (X,Y). Desta maneira, qualquer ponto pode ser localizado de forma única, sem a ocorrência de localização ambígua. De acordo com [Den99], este sistema é bastante utilizado no processo de digitalização de mapas.

O método de coordenadas *plano-retangulares* estabelece uma relação matemática que permite deformar a superfície elipsóidica de referência para torná-la plana. Em seguida, estabelece um sistema de coordenadas plano e escolhe a escala para fazer com que a porção da superfície medida caiba no papel. Neste sistema, o marco inicial é definido com uma origem (0,0), convencionalmente localizado ao sul e a oeste da origem da projeção. Isto se justifica pelo fato de eliminar os valores negativos das coordenadas retangulares.

A representação dos dados geográficos pode ser feita tomando-se por base um sistema de coordenadas plano, no qual se definem os pontos discretos que possuam uma perfeita ligação com os seus homólogos na superfície da Terra, de modo que todos os cálculos efetuados sobre o sistema de coordenadas no plano possam manter a correspondência mais próxima quando transportados para a superfície original, no caso, o planeta Terra.

2.2.4 Projeções Cartográficas

Silva [Sil99] define as projeções cartográficas como a correspondência matemática entre as coordenadas plano-retangulares do mapa e as coordenadas esféricas da Terra. A representação da superfície curva terrestre sobre o plano é a alternativa mais utilizada em projeções cartográficas, pois possibilita a representação da topografia, geologia, pedologia, vegetação, entre outras, de uma determinada região. Além da representação gráfica, os mapas podem ser facilmente manipulados e atendem a diferentes finalidades. Só para se ter idéia, existem mais de 250 maneiras diferentes de tornar plano o esferóide e, entretanto, nenhuma delas retrata precisamente esta planificação.

Todas as projeções tratam as características da coordenada esferoidal como linhas de latitudes paralelas ou meridianos convergentes em diferentes modos e nenhuma consegue encontrar uma transformação perfeita.

A superfície sobre a qual se faz a projeção pode ser um plano ou uma superfície que se desenvolve desenrolada no plano. A posição dessa superfície com relação à esfera é escolhida de tal maneira que as deformações sejam mínimas para a região considerada. Quando a superfície de projeção está centrada no pólo ou é paralela ao plano equatorial, diz-se que a projeção é *polar*, *equatorial* ou *direta*. Se ela estiver centrada num ponto do Equador ou é paralela a plano meridiano, ela é *transversa* ou *meridiana*. Se estiver centrada num ponto ou círculo qualquer da esfera, ela é *oblíqua*. A Figura 2.4 exemplifica os tipos de posição mencionados.

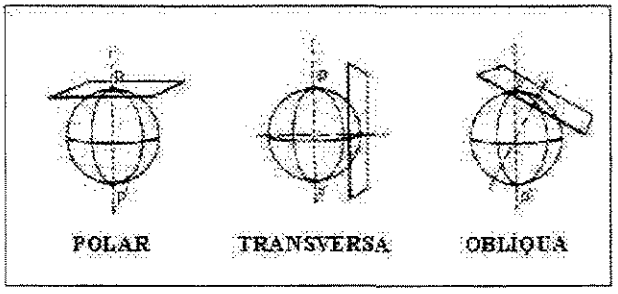

Figura 2.4: Posicionamentos da projeção em relação à Terra.

As projeções podem ser classificadas de acordo com o tipo de superfície adotada e o grau de deformação. Em relação ao tipo de superfície de projeção adotada, podem-se classificar em: *planas* ou *azimutais*, *cônicas*, *cilíndricas* ou *poliédricas*, de acordo com a representação da curva da superfície da Terra sobre um plano, cone, cilindro ou poliedro tangente ou secante à esfera terrestre. A Figura 2.5 apresenta exemplos de projeções.

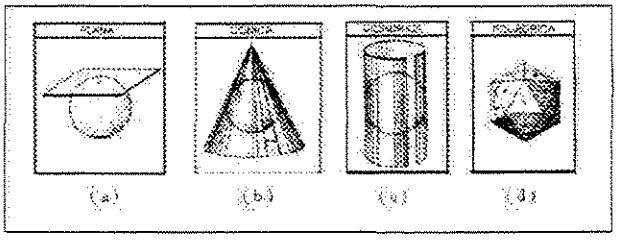

Figura 2.5: Classificação de projeções.

Quanto ao grau de deformação, as superfícies podem ser classificadas em *conformes* ou *isogonais*, *equivalentes* ou *isométricas* e *eqüidistantes*. As primeiras têm como principal característica a fidelidade aos ângulos observados na superfície representada. Porém, ao se

manter a precisão dos ângulos, distorce-se a forma dos objetos no mapa. As equivalentes conservam as relações de superfície, não existindo deformação de área. Já as eqüidistantes conservam a proporção entre as distâncias, em determinadas direções, na superfície representada. A escolha da projeção dependerá do que é mais relevante de se apresentar com mais fidelidade, ou seja, os ângulos, as áreas ou distâncias.

Um tipo importante de projeção é a *Universal Transverse Mercator* (UTM) classificada como uma projeção cilíndrica conforme, ou seja, mantém a forma em detrimento das dimensões. Ela pode ser visualizada como um cilindro secante à superfície de referência, orientado de forma que o eixo do cilindro esteja no plano do Equador. O cilindro secante possui um diâmetro menor do que o diâmetro da superfície de referência, criando, assim, duas linhas de intersecção entre o cilindro e a superfície de referência. Essa área é denominada *fuso* ou *zona* e a Terra foi dividida em 60 fusos de 6° cada. Cada fuso é representado pelo seu número e pela longitude do seu meridiano central. De acordo com [LRB01], o Brasil é coberto por 8 fusos (18 ao 25) abrangendo as coordenadas de longitude de 30° a 78° graus. Dentre as vantagens do uso deste tipo de projeção pode-se citar a fácil identificação dos pontos cardeais e a facilidade de identificação das coordenadas geográficas (latitude e longitude) de qualquer ponto representado, além de manter a fidelidade aos ângulos locais observados na superfície representada.

2.3 Geomarketing

2.3.1 Definições

O *geomarketing*, ou *marketing geográfico*, é um ramo de aplicação do geoprocessamento que possibilita a organização e a manipulação de informações referentes a clientes e pesquisas, a partir de um ponto de vista geográfico. Sua importância está evidenciada nas ações de marketing, uma vez que estas utilizam cada vez mais o grande potencial de geolocalização e análise espacial disponíveis nos SIGs. [Dav76] define geomarketing como o estudo das relações existentes entre as estratégias e políticas de marketing e o território ou espaço onde a instituição, seus clientes, fornecedores e pontos de distribuição se localizam.

O geomarketing permite às empresas, identificar, com bastante precisão, os locais de maior potencial de consumo de um produto em um bairro, cidade ou região. Consiste no cruzamento de informações de mercado, de vendas ou de marketing com bases de dados geográficas, permitindo a análise e a visualização em mapas digitais do comportamento das variáveis em estudo.

Existem três linhas de geomarketing:

- *business location services*, baseado na análise do potencial de área, com a recomendação, por exemplo, de pontos-de-venda que devem ser abertos ou fechados, assim como o posicionamento da concorrência.
- *geobusiness intelligence*, serviço que gera relatórios geográficos com conclusões sobre reações do consumidor a determinados produtos, por exemplo.
- *balanceamento do território* de venda e distribuição, no qual são identificadas as regiões que precisam de maior concentração da força de vendas.

2.3.2 Histórico

Até a Revolução Industrial não havia uma influência clara dos aspectos geográficos na disputa por mercados. Não era de se estranhar a realização de uma travessia de meio mundo de navio em busca de cravo e pimenta, em que a técnica navegacional era dominada pelo desafio de descobrir novas regiões.

De acordo com [Sch02] e [AF01], as referências sobre o tema são muito esparsas, mas pode-se citar os trabalhos dos fisiocratas franceses (1750) e da Escola Clássica Inglesa (1750 - 1860) como sendo a primeira análise mais elaborada registrada dos efeitos da localização através da Escola Histórica Alemã. Destaca-se o estudo de von Thünen, em 1826, que se concentrou no estudo da influência da distância da cidade aos pontos de produção agrícola para a formação dos preços destes produtos, da distância da cidade à agricultura sobre a renda dos agricultores e na influência do crescimento das cidades sobre a área rural cultivada. Estes estudos foram sintetizados na teoria da renda da terra chamada de *Anéis de Thünen*.

Em 1909, Alfred Weber foi um dos primeiros a tentar desenvolver uma teoria geral da localização. Seu trabalho estudou a influência dos custos dos transportes sobre a localização de uma firma e analisou os fatores trabalho e forças aglomerativas.

O surgimento do geomarketing se daria em 1929, com a Lei da Gravitação de Reilly. Segundo esta lei, a interação potencial entre um consumidor e vários pontos varejistas dentro de uma área urbana varia diretamente com o poder de atração (ou tamanho) de cada ponto e inversamente em relação à distância que separa o consumidor do ponto de origem. O Capítulo 3 apresenta os conceitos desta lei em maiores detalhes.

É importante notar que esse surgimento se deu de maneira contemporânea ao da explosão da produção em massa. Com o aumento da oferta, o acirramento da concorrência e o surgimento de alternativas de compra, dois itens foram ganhando importância: a marca, que identificava um produto em relação a outro da mesma categoria, e a disponibilidade, aqui já encarada como um conceito mais abrangente. Essa situação seguiu evoluindo nessa

direção até meados dos anos setenta, quando foi possível sentir os efeitos da disseminação do acesso à tecnologia.

Isso acabou levando a uma situação em que a extensa variedade de oferta de um mesmo produto acabou por torná-lo de uso comum mundial (*commodities*). Para escapar desta situação, altamente predatória, na década de oitenta houve um movimento de valorização do relacionamento com o cliente. Era importante que o mercado consumidor fosse conhecido e que esse mesmo público soubesse e sentisse que era conhecido através de demonstrações de distinção.

A partir daí, seguem duas décadas de agregação de valor ao produto, principalmente através de serviços complementares ou acessórios e da aplicação de técnicas, nem sempre bem sucedidas, de marketing de relacionamento. A principal ferramenta para aplicação desta última estratégia é o sistema de informação como maneira de se conhecer a clientela efetiva e a potencial, as tendências, a concorrência, as oportunidades e ameaças.

Geomarketing, como se conhece hoje, é fruto, principalmente, da incorporação das técnicas de SIGs aos planejamentos de marketing já existentes. É nesse cenário que se insere o geomarketing, através da utilização de técnicas mais avançadas de sistema de informação, visando a um conhecimento mais profundo e real do mercado em suas várias nuances, especialmente aquelas vinculadas ao espaço onde as transações ocorrem. O geomarketing pode ser dividido em duas fases, tendo o SIG a fronteira delimitadora.

2.3.3 Uso do Conhecimento Geográfico nos Negócios

Os analistas de negócios tradicionalmente se preocupam com questões relativas ao *que* (procedimento), *como* (materiais e tecnologia), *por que* (estratégia), relegando o *onde* (localizar e achar consumidores) a segundo plano.

Na concorrência acirrada por mercados em que as empresas se encontram, a firma que não conhece profundamente a sua clientela está em desvantagem competitiva. E conhecer a clientela envolve saber onde ela mora, onde trabalha, onde passeia e onde compra, ou seja, conhecer o perfil dos seus clientes.

A associação das ferramentas de geoprocessamento, em especial os SIGs, com marketing, aproveitando-se das informações sócio-econômicas, comportamentais e estatísticas que sempre guiaram os estudos de mercado e as estratégias de marketing, aproveitam essa união de conceitos, apresentando e possibilitando trazer mais respostas ao serem georreferenciadas e geoprocessadas. A dimensão geográfica está presente em cada um dos quatro aspectos do marketing, que são, de acordo com [Klo98]: produto, preço, promoção e ponto. O SIG é a ferramenta mais utilizada por quem trabalha com geomarketing, por sua capacidade de unir a mapas, informações oriundas de diversas fontes, e pelo seu grande potencial de geolocalização e análise espacial. Outras ferramentas computacionais

incluem, por exemplo, o CAD.

O geomarketing atua como ferramenta de apoio à tomada de decisão. Por exemplo, redes de telecomunicações, energia elétrica e água precisam pesquisar a demanda para encontrar as melhores áreas para onde expandir seus serviços. O setor público também pode utilizar, por exemplo, estudos sócio-econômicos georreferenciados para escolher o local onde abrir uma escola ou um posto de saúde que consiga atingir um número maior de cidadãos de forma mais eficiente, baseado em critérios mais racionais. Devido à alta concorrência, as empresas têm que diminuir o grau de risco, necessitando de uma análise mais acurada do mercado em que atua, com o claro objetivo de obter uma vantagem competitiva, através da capacidade de atender nichos cada vez mais específicos.

O marketing que antigamente se utilizava da segmentação tradicional, atualmente está conseguindo uma nova forma de abordar o mercado, substituindo as estratégias correntes de segmentação em estratos relativamente amplos. Trata-se do *micromarketing*, ou *marketing de vizinhança*, uma abordagem que incorpora a dimensão geográfica dos mercados de maneira extremamente minuciosa.

O micromarketing baseia-se num conceito simples e fácil de aceitar, em que as pessoas que vivem numa mesma vizinhança tendem a ser parecidas. Quase toda cidade de porte tem bairros com perfis distintos, seja por razões históricas, como as ondas de migração, seja por razões econômicas, que definem a possibilidade de acesso a determinadas regiões, ou simplesmente por questões de familiaridade cultural. Tal constatação pode ser levada a extremos inesperados: o emprego de ferramentas estatísticas a banco de dados geográficos permite agrupar a população em pequenos *clusters* homogêneos, correspondentes a áreas diminutas, algumas abrangendo apenas poucos quarteirões.

Em qualquer empresa bem administrada, identificar a localização de consumidores potenciais e a quantidade de produto por eles absorvida é informação crítica, em todos os seus estágios de ciclo de vida. Estimar quanto e onde a empresa pode vender é a etapa básica em estudos de viabilidade econômica, escolha de nichos de mercado, gerenciamento de canais de distribuição, implantação de pontos de venda, administração de verbas de mídia e avaliação do desempenho operacional. Por tudo isso, é que [AF01] constata o grande investimento na aquisição de Índices de Potencial de Consumo, também conhecidos como Potencial de Mercado ou Índices de Potencial de Vendas. Estes índices são normalmente construídos por indução ou dedução.

A construção por indução é mais precisa, porém mais trabalhosa. A empresa investiga quem são seus consumidores, onde eles estão e quais são as suas necessidades, hábitos de consumo, disponibilidade de recursos e abertura para mudança. Estes fatos são obtidos por levantamentos realizados diretamente pela empresa, também conhecidos como primários. Se tais levantamentos forem produzidos segundo procedimentos adequados, as conclusões podem ser associadas a uma margem de erro com probabilidade conhecida.

A via dedutiva parte, geralmente, de levantamentos realizados por outras empresas, conhecidos como dados secundários, baseando-se na renda da população, classe social e hábitos de consumo, somente para citar os mais comuns. Neste caso, os resultados são mais vagos, pois não há como especificar produtos particulares nem preferências localizadas. É difícil avaliar o quanto estes resultados são precisos e acurados, pois não há como medir o consumo real em cada categoria de produto para confrontá-lo com o montante estimado pelo índice. Apesar disso, esse tipo de índice é muito popular, já que as empresas podem comprá-lo de escritórios de consultorias.

A escolha da localização de um serviço é baseada em acessibilidade, compatibilidade, vulnerabilidade e visibilidade. Estes serão detalhados no Capítulo 3, que apresenta uma melhor definição para localização.

As principais variáveis abordadas são as barreiras naturais e físicas, barreiras sociais, hábitos de consumo, hábitos de deslocamento, tempo de deslocamento, oferta de transporte público, condições de acesso, sinergia com o entorno/polarização, malha viária compatível, espaço compatível e topografia. O objetivo é otimizar o posicionamento estratégico e reduzir os efeitos da concorrência.

2.3.4 Aplicações

Várias são as aplicações possíveis no uso dos conceitos de geomarketing. O banco de dados geográfico é capaz de armazenar graficamente a localização e as informações de postos de vendas, representantes e regiões de venda tanto em nível municipal, regional ou nacional. Estas informações distribuídas espacialmente facilitam a visualização de oportunidades e tendências de mercado e permitem uma série de análises de pesquisa de mercado, avaliação de desempenho em vendas e facilitam a tomada de decisão quanto ao gerenciamento da área de vendas. São vários os parâmetros que podem ser utilizados para a localização de regiões de potencial de vendas, como: indicadores sociais (renda, nível, idade, hábitos, entre outros), proximidades de pontos estratégicos na cidade, indicadores econômicos e/ou de desenvolvimento, expansão de vias de transporte e infra-estrutura em geral, além de tendências de expansão urbana. O conhecimento do potencial de cada região pode também auxiliar na avaliação final da empresa, de acordo a motivação da sua pesquisa. Esta seção apresenta alguns exemplos de aplicações.

Avaliação da área de influência de centro comercial. Através do georreferenciamento de cadastros e das respostas às pesquisas feitas no interior e no entorno do centro comercial, o estudo pode determinar onde moram os clientes e o que fazer para atrair quem não é cliente, como, por exemplo, através da alteração de *mix* de lojas. Pode-se aplicar esse mesmo estudo para os shopping centers, principalmente nas grandes e médias cidades.

Instalação de uma concessionária de veículos. As concessionárias de uma montadora não podem simplesmente estar nos melhores pontos de venda, mas sim cobrir a região inteira. Um outro detalhe importante é que as regiões de atuação devem ter potenciais de mercado equivalentes, para não privilegiar uma concessão em detrimento da outra. Aqui, utiliza-se o termo região, pois o estudo pode variar a dimensão da localidade, partindo desde um pequeno bairro até uma cidade ou um estado.

O gerenciamento de imóveis. A combinação de mapas digitais a um banco de dados atualizado pode facilitar o trabalho de empresas de serviços imobiliários. Os SIGs são capazes de fornecer dados visuais sobre a localização e as benfeitorias próximas, que são os principais fatores de valorização de um imóvel. Além disso, o banco de dados pode incluir fotos dos imóveis, filmes, arruamentos vizinhos, vias de acesso, distâncias, perfil sócio-econômico da região e movimento comercial, dentre outros.

A implantação de uma nova loja. É possível selecionar os pontos para a instalação de novas lojas e para visualizar o efeito que uma nova loja tem nas já existentes na área. Isto pode impedir a canibalização entre lojas, além de definir o estoque de determinada unidade ou o início de uma campanha publicitária, baseada em critérios, como por exemplo, o perfil sócio-econômico dos clientes da região da loja.

Cálculo da franquia. As empresas de seguro podem fazer um levantamento para determinar a concentração de sinistros que lesionam os seus clientes. O geomarketing pode analisar graficamente a ocorrência de sinistros por região geográfica e, partir daí, calcular o valor do custo da franquia. Por exemplo, nas regiões em que o índice de roubo de veículos for maior, aumenta a probabilidade do cliente ter que usar o seguro. Portanto, o valor do custo do seguro deve ser maior do que aquele de regiões com índices menores de roubo.

Escolha de ponto comercial para novos negócios. Antes de se escolher um local para se estabelecer um ponto comercial, um estudo geográfico pode indicar as melhores regiões, aumentando a chance de sucesso do empreendimento e reduzindo os riscos. A análise de localização pode levar em consideração vários fatores como a facilidade de acesso ao ponto, aspectos legais (zoneamento, restrições e incentivos fiscais), custos (preços de imóveis, impostos e custos de transporte), além das distâncias (da concorrência, proximidade de clientes ou público alvo).

Planejamento de sistemas de distribuição. Através de um sistema de localização automática de endereços, pode-se localizar em um mapa os pontos de entrega, e utilizando informações de direção de ruas, trânsito e outras informações, o sistema poderá indicar a melhor rota de entrega, garantindo maior rapidez, redução de custos e maior satisfação dos clientes.

Agribusiness. O geomarketing pode ser utilizado para tomada de decisão em grandes empreendimentos agropecuários, auxiliando a decisão através da análise de várias in-

formações de forma integrada. Um exemplo seria a identificação de área para instalação de unidades processadoras, fornecimento de insumos, ou mesmo para implantação de projetos agropecuários através de parâmetros como: proximidade de centros consumidores e áreas de produção, custos de transporte, preço da terra e incentivos fiscais, adequação ao tipo de solo e clima, proximidade de unidades processadoras e potencial de mercado.

Racionalização das regiões de vendas. As novas ferramentas de geomarketing permitem a racionalização das regiões de venda, melhorando a distribuição de representantes e vendedores. Podem atuar nos seguintes aspectos: acompanhamento de vendedores, avaliação da eficiência da distribuição com verificação de sombras e áreas descobertas, identificação da área de abrangência de vendas e público atingido, redefinição de regiões de venda em função de número de clientes, valor negociado, potencial de mercado e área a ser percorrida pelos vendedores, garantindo maior eficiência nas vendas e prospecção de novos clientes.

2.3.5 Dificuldades para Implantação de Geomarketing

No Brasil falta uma política de divulgação ou venda de dados por parte de muitos órgãos públicos. Os dados acabam ficando obsoletos, e ninguém ganha, nem quem detém os dados, nem quem gostaria de obtê-los. Todos perdem, inclusive o cidadão comum que perde o seu tempo respondendo a pesquisas que são mal utilizadas. Porém, essa característica não é somente do setor público, pois as empresas privadas também não costumam guardar informações sobre os seus clientes.

Apesar do que foi dito em seções anteriores, é importante frisar que ainda falta muito conhecimento de como utilizar os dados, após a sua obtenção. Em outras palavras, falta coletar, classificar, organizar e aplicar coerentemente do que se dispõe. Caso não sejam utilizados os modelos e métodos pertinentes, continuarão existindo bancos de dados enormes, sem uso adequado dos dados armazenados.

O desconhecimento do assunto por grande parte das empresas é um outro obstáculo para o trabalho com o geomarketing no país. A falta de conhecimento faz com que muitos pensem que a intuição é suficiente e que essa tecnologia não é tão necessária.

Além disso, a tecnologia para cruzamento de informações geográficas é ainda pouco utilizada no Brasil, pois a compatibilização de bases de dados de origens diversas, tipicamente inconsistentes entre si, depende de métodos de relacionamento probabilístico, cujo desconhecimento leva a tentativas de redescobrir a roda, resultando em gastos enormes com resultados pífios.

Uma outra questão importante é a falta de qualidade dos mapas digitais do país, um dos grandes problemas de quem trabalha em geomarketing. As principais características desses mapas são: poucos fornecedores, mapas incompletos, mapas sem informações, in-

compatibilidade de *softwares*, atualizações precárias e projeções diferentes.

Além das dificuldades já citadas, para a correta utilização dos dados, é importante que estes tenham um nível aceitável de qualidade, como ausência de erros ortográficos, e duplicações de dados, atualização dos elementos e código postal incorreto.

A vantagem da utilização da tecnologia de SIGs no marketing reside na sua capacidade de análise espacial. É possível segmentar mercados tratando grandes quantidades de informação relacionando, ao mesmo tempo, localização dos fatos comerciais, comportamento do consumidor, hábitos de consumo, volume de vendas por produto, desempenho das equipes de vendas etc. Esses recursos proporcionam tanto análises estratégicas e globais como o desenvolvimento de ações táticas e específicas.

2.4 Conclusões

Este capítulo apresentou conceitos e definições necessárias ao entendido do resto do texto. Discutiu noções de SIG e cartografia - como escalas, sistemas de coordenadas e projeções. Apresentou também um resumo sobre sobre geomarketing, incluindo seu histórico, aplicações e dificuldades de implantação. O próximo capítulo trata de modelos econômicos aplicados em geomarketing.

Capítulo 3

Modelos Localizacionais para Geomarketing

Este capítulo fornece uma apresentação teórica dos modelos utilizados para a solução do estudo de caso proposto neste trabalho. Ele está dividido em duas partes. A primeira parte apresenta conceitos da teoria da localização.

A segunda parte apresenta dois modelos econômicos que serviram de base teórica para o desenvolvimento do restante do trabalho. O primeiro modelo trata da Lei Gravitacional de Reilly e o segundo da Teoria do Lugar Central de Christaller.

3.1 Teoria da Localização

Todo e qualquer fenômeno se dá em algum lugar do espaço, podendo ter características econômicas, sociais, culturais, biológicas, químicas ou físicas. Em todos os casos, sempre terá entre seus atributos as coordenadas do ponto em que se realizou. Para muitos destes fenômenos esta definição de posição não é relevante. Para outros, porém, é fundamental à sua análise e caracterização. É possível, inclusive, que a localização de um mesmo fenômeno, de acordo com o contexto do observador, tenha uma importância distinta.

Os objetivos de uma pesquisa que considere a localização dependem do usuário, podendo ser realizada tanto pelo planejador público como pelo planejador privado. A diferença que se percebe é na função de utilidade, que normalmente coincide com o lucro para o empresário privado, sendo bem mais complexa para um órgão governamental em que deve atender ao bem-estar de uma determinada comunidade.

No planejamento dos objetivos, a teoria da localização poderá responder a dois problemas diferentes: onde produzir um determinado bem e o que será produzido nesse local. A primeira pergunta, por exemplo, atende a um industrial na escolha da localização de uma nova fábrica, enquanto que a segunda se refere a um fazendeiro na seleção da cultura

à qual ele irá se dedicar. Cientistas dos mais diversos campos do conhecimento têm se interessado por problemas de localização.

3.1.1 Classificação

A teoria da localização pode ser classificada de acordo com a perspectiva do usuário, em que [Lem82] faz uma distinção entre três principais enfoques. Uma das divisões clássicas da teoria da localização diz respeito ao domínio em que tais teorias são aplicadas, podendo ser classificadas no campo industrial, agrícola e serviços. Como muitos dos modelos são empregados nesses diversos campos, aquele autor entende que no futuro desaparecerá esta distinção, servindo apenas para fins didáticos.

Uma outra classificação se refere ao nível de profundidade que o interessado tem da visão do local. Por exemplo, se um determinado empresário pretende construir uma loja numa determinada cidade, ele terá que tomar a decisão em duas etapas. Na primeira decisão ele terá que definir a região onde irá estabelecer a sua loja e, em seguida, terá que escolher um local, dentro dessa região. Como se pode perceber, são tomadas de decisão em etapas diferentes, sendo classificadas em *macrolocalização* e *microlocalização*, respectivamente. A macrolocalização analisa a escolha de uma região dentro de um país, ou no máximo, dentro de uma zona economicamente integrada, como, por exemplo, o Mercosul. Já a microlocalização se concentra mais no detalhe, chegando inclusive a fazer a sua investigação no nível de bairros ou mesmo de quadras e ruas.

Uma terceira classificação é a distinção entre *estática* e *dinâmica localizacional*. A primeira se ocupa em explicar a distribuição espacial das indústrias e comércios num dado instante. A segunda examina como esta distribuição evolui no tempo. Tanto para o setor público como o setor privado, a segunda é a mais importante. Isto pode ser percebido, de acordo com [CV60], no exemplo em que um empresário escolhe a posição de uma nova fábrica e deve arcar com as conseqüências de tal escolha por pelo menos vinte e cinco anos. Nestas condições, será de todo o interesse do empresário conhecer como está evoluindo a localização de seus concorrentes e consumidores. De maneira semelhante, um governante se interessa pela dinâmica localizacional para melhor poder influir no desenvolvimento industrial de uma região.

3.1.2 Metodologia

Na teoria da localização, como em todos os campos da economia, têm sido empregados os métodos *indutivo* e *dedutivo*. Em qualquer dos dois tipos, o enfoque tem sido predominantemente quantitativo. O primeiro utiliza métodos estatísticos, históricos e questionários. Já os métodos dedutivos consistem em estabelecer um modelo representativo

da realidade passível de tratamento matemático, através da geometria, cálculo diferencial, programação linear e matrizes de entrada e saída.

[Lem82] afirma que os modelos empregados diferem quanto ao grau de abstração, que se reflete no número de variáveis exógenas admitidas e no número de variáveis endógenas explicadas. Evidentemente, aumentando o número de variáveis exógenas pode-se melhor adaptar o modelo a uma dada situação, tornando-o de natureza mais concreta. Por exemplo, na região Amazônica, o transporte é feito através de vias fluviais, portanto a distinção mais importante está no grau de abstração admitida.

Os métodos indutivos, em suas diversas modalidades, correspondem a um mínimo de abstração. Ainda assim, podem ser diferenciados quanto a este nível, sendo o método do questionário o de natureza mais concreta, o histórico intermediário e o estatístico o mais abstrato. Com relação ao nível de abstração, o método do questionário permite, por exemplo, identificar, como fatores localizacionais, razões pessoais dos empresários, não relacionadas com os próprios objetivos da empresa. O método histórico, observando caso por caso, pode ainda representar bem a realidade, mesmo nos seus aspectos acidentais. Já o método estatístico, pela sua própria natureza, deixa de lado o puramente acidental.

3.1.3 Histórico

A teoria da localização, ligada a fatores geográficos e econômicos, está intimamente relacionada ao planejamento da produção, às diversas ciências sociais como a sociologia e a geografia econômica, sendo ainda fundamental ao urbanismo. No entanto, as principais contribuições nesta área estão restritas à economia. Apenas esta está organizada de forma sistemática, merecendo o nome de teoria. As contribuições dos sociólogos, dos geógrafos econômicos, dos estudiosos de administração, apesar de importantes, ainda não se integraram em uma teoria, tendo apenas servido, em caráter esporádico, para melhor qualificar as conclusões obtidas pelos economistas. No entanto, existe uma imensa bibliografia desde os anos 50 em localização e técnicas de otimização, ou seja, este histórico aborda apenas a teoria econômica de localização.

O período mais produtivo está situado entre 1820 a 1960, com inúmeras publicações de trabalhos sobre a teoria da localização. Como constata [Cav02], este período é também chamado de período das teorias neoclássicas da localização, ortodoxias teóricas, geometria germânica ou simplesmente eixo de teoria da localização. Pela predominância de autores alemães, costuma-se empregar também a expressão escola alemã. A figura 3.1, retirada de [Cav02], com algumas adaptações, apresenta os principais autores numa linha do tempo.

As teorias econômicas localizacionais são relativamente simples e nem sempre se ajustam à realidade. Vários fatores podem ser citados como responsáveis por isto. Uma primeira causa é a escala de valores mutável de um empresário, que tem uma expectativa

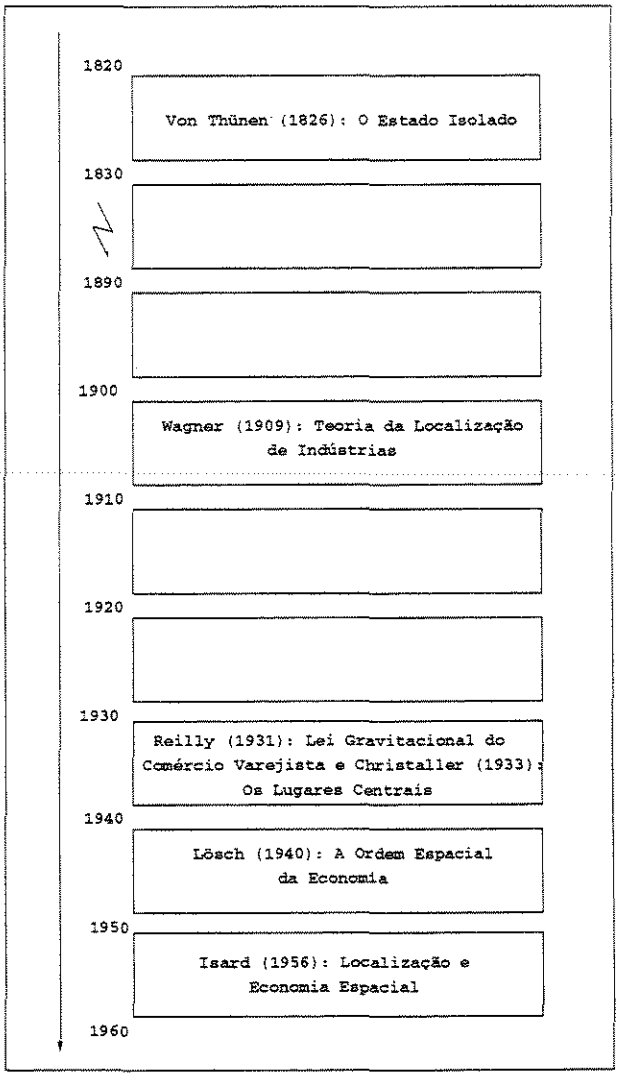

Figura 3.1: Teorias Clássicas de Localização.

de lucro muito maior do que seria possível. Outro fator deve-se à decisão da escolha da localização ser feita de forma imprecisa e empírica. O empresário não pode prever as conseqüências da escolha de cada localização durante todo o período antes da sua execução. E ainda, da função de utilidade do empresário incluir outros elementos além do lucro da firma. A primeira causa é de difícil análise, pois a sua veracidade dependerá do empresário. Já a análise das duas últimas permite prever alguns afastamentos entre os resultados da teoria e a realidade.

A teoria se ajusta mais à realidade quanto menos dinâmica for a sociedade. De fato, quanto mais constantes forem as condições, mais fácil será a previsão do futuro e mais corretas serão as decisões. Além disso, é possível desenvolver a teoria da localização tornando-a mais adaptada à explicitação da realidade, substituindo-se o esquema da decisão na certeza por um de decisão na incerteza. Neste caso, um agente, na ausência de um conhecimento completo sobre o futuro, dará maior valor aos elementos que conhece com maior precisão e menor valor àqueles sobre os quais pode apenas conjecturar.

Um exemplo disso é a hipótese de maximização do lucro, dando igual valor a acréscimos da receita e decréscimos do custo. Os últimos são muito mais facilmente calculáveis no instante em que se escolhe a localização do que os primeiros e possivelmente por essa razão exercerão papel muito mais importante nesta escolha.

3.2 Lei Gravitacional de Reilly

Os modelos gravitacionais partem da suposição de que os padrões de interação espacial são regidos por leis análogas à Lei da Gravidade formulada por Isaac Newton e que é definida como: *a força da gravidade que age entre dois corpos é diretamente proporcional à massa dos dois corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.* De acordo com [Dav76], William J. Reilly se inspirou nesta lei para propor uma fórmula que seria capaz de calcular a distância de atuação de um comércio sobre os consumidores em relação a um outro competidor. Este trabalho sobre análise de mercado ficou conhecido como *Lei Gravitacional de Reilly* e foi o primeiro a demonstrar que estes conceitos poderiam ser estendidos para o chamado marketing geográfico.

3.2.1 Pólos de Atração dos Centros Comerciais

A praça de uma pequena cidade do interior, com seu bazar típico, ou uma loja no cruzamento de duas ruas numa cidade são exemplos de pólos de atração comercial aos quais convergem os consumidores de uma região mais ou menos ampla. Um grande centro urbano com lojas especializadas ou com comércios que possuam poder de atratividade poderá ultrapassar os limites municipais.

As cidades têm sido objeto de vastos estudos e pesquisas sobre as suas características demográficas, sociais, urbanísticas, culturais, residenciais, industriais, entre outras. É interessante considerá-las, também, como centros de atração comercial e, portanto, lugares de abastecimento da população suburbana e mesmo de municípios limítrofes.

Existem, por exemplo, no interior de uma região, áreas comerciais cujos limites não são assinalados nos mapas geográficos e não têm a ver com as costumeiras distribuições administrativas. Os limites a serem determinados não são fixos, mas ora se aproximam, ora se afastam, conforme os casos e as circunstâncias.

Apesar da dificuldade em determinar a extensão e os limites das áreas de consumo dominadas por um centro comercial, a utilidade prática do tema é tão marcante que surgiram diversas pesquisas de mercado que se ocuparam desse problema e executaram trabalhos para delimitar a zona de mercado de vários centros. A solução do problema é auxiliada pelas pesquisas.

A finalidade de tais estudos é de estabelecer a importância das cidades como centros de vendas. Visam escolher os pontos estratégicos mais adequados para se abrir estabelecimentos de vendas por atacado ou centros de distribuição de produtos ou, ainda, fábricas de bens de consumo, para reduzir ao mínimo os custos de distribuição dos produtos.

3.2.2 Mercadorias Comuns e de Luxo

A área de atração de um centro comercial varia conforme os produtos. [Tag78] agrupou as mercadorias a partir de algumas características similares:

- Artigos de consumo corrente, como gêneros alimentícios, artigos de toalete, cigarros e, em geral, artigos de baixo preço ou de qualidade comum adquiridos com uma freqüência regular. Eles são encontrados e adquiridos habitualmente, mesmo nos pequenos centros.

- Artigos de massas pesadas como tijolos e areia. Esses produtos são adquiridos, na medida do possível, próximo do lugar de consumo. Raramente se faz uma viagem até outra cidade para comprá-los.

- Artigos de decoração, automóveis, aparelhos de televisão e similares. Para esses produtos surge a convergência de ir a uma cidade onde possam ser encontrados vários tipos, entre os quais seja possível efetuar uma escolha, em relação à despesa com a qual se pode arcar.

- Artigos não comuns, como os artigos de moda e de vestuário, os objetos artísticos, os artigos sanitários, os instrumentos musicais, as jóias ou os artigos para presente. Essas mercadorias são adquiridas freqüentemente nas grandes cidades, para onde os

habitantes dos centros menores costumam deslocar-se, algumas vezes de propósito ou com alguma outra finalidade, como assistir a um concerto, a um jogo de futebol, visitar parentes e amigos. Trata-se de produtos que o comprador que ver, comparar e escolher, visitando diversas lojas.

O número e, portanto, as dimensões das zonas de comércio, diferem sensivelmente conforme os produtos. As áreas de mercado de armazéns para venda por atacado de produtos alimentícios serão muito mais numerosas e mais restritas do que as de uma organização de venda de produtos têxteis, de vestuário, artigos de moda e semelhantes.

No caso dos armazéns, em que o distribuidor tem relacionamento com um grande número de varejistas, os produtos são, geralmente, de baixo valor unitário, de natureza perecível, e devem chegar com a máxima rapidez e freqüência aos revendedores, em geral, diariamente. Ao contrário, no caso dos artigos de moda, trata-se de mercadorias de valor geralmente elevado, não perecíveis, cujo estabelecimento é feito pelos varejistas de tempos em tempos, às vezes com longos intervalos de vários meses. Nesse caso, o atacadista ou fabricante pode estender suas atividades a uma área maior.

3.2.3 Nível das Rendas e Raio de Atração

Um fator atrativo importante para os grandes centros de vendas é o nível econômico dos consumidores. As famílias com grande poder aquisitivo podem gastar à vontade com viagens. Elas procuram mercadorias de qualidade, mais finas, e podem ser mais exigentes. Por isso, se deslocam com mais facilidade para os grandes centros.

A delimitação das áreas de mercado também está sujeita a variações no tempo. Uma localidade que possui determinado centro como ponto certo para suas relações comerciais normais pode, por exemplo, ter o fluxo de tráfego modificado, conforme mudanças ocorridas na rede de transporte e de comunicações, ou então, pelo desenvolvimento e melhoria das casas comerciais de um outro centro. São freqüentes os casos de localidades que, por efeito da implantação de uma linha de ônibus ou da construção de uma ferrovia, deslocaram o seu centro habitual de confluência. Portanto, a delimitação das áreas de mercado exige uma freqüente atualização.

De acordo com as considerações anteriores percebe-se que não é possível estabelecer uma regra fixa para a determinação dos limites das áreas comerciais e do raio de atração de uma cidade. Se é fácil fixar uma lista de centros mais ou menos importantes que possam ser considerados capitais comerciais, muito mais difícil é o trabalho de indicar os limites das zonas que são dominadas por aqueles centros. Tais limites são bastante flexíveis. Além disso, os limites referentes a uma zona se entrelaçam e se sobrepõem aos de outras.

Finalmente, as áreas de mercado, estabelecidas de um modo ou de outro, poderão ser reagrupadas em áreas maiores, ou também, posteriormente subdivididas em zonas mais circunscritas.

3.2.4 A Lei de Gravitação do Comércio Varejista e a Fórmula de Reilly

Segundo a lei de gravitação, o poder de atração de uma cidade aumenta com a população. Por exemplo, uma cidade de 100.000 habitantes constitui um centro de demanda maior do que uma cidade de 50.000 habitantes. Isto se deve ao fato de que uma cidade maior dispõe, geralmente, de maior número de casas comerciais, mais amplas, com maior sortimento, e por outro lado, oferece quase sempre maiores facilidades de transportes, mais opções de divertimentos e melhores serviços de hotelaria. Em contraposição, as distâncias constituem um obstáculo ao comércio. Quanto maior for a distância, maior será o custo do transporte e maior deverá ser a força de atração de uma cidade.

A distância e o tamanho da população são os termos que figuram na lei de gravitação do comércio varejista, segundo a fórmula proposta em 1931 por [Rei31].

Em termos gerais, a fórmula é dada pela equação 3.1:

$$\frac{V_a}{V_b} = \left(\frac{P_a}{P_b}\right)^N \times \left(\frac{D_b}{D_a}\right)^n \tag{3.1}$$

onde
V_a = montante das vendas que a cidade A atrai de uma localidade intermediária T.
V_b = montante das vendas que a cidade B atrai da mesma localidade intermediária T.
P_a = população da cidade A.
P_b = população da cidade B.
D_a = distância da cidade A à localidade intermediária T.
D_b = distância da cidade B à localidade intermediária T.

As duas incógnitas da equação (3.1) são N e n, isto é, o expoente da relação referente ao tamanho da população e o expoente da relação referente às distâncias, respectivamente. Essas incógnitas foram resolvidas por Reilly através de métodos empíricos, tendo como base análises minuciosas sobre sete grandes cidades e mais de mil outras localidades menores do Texas.

Quanto à população, observou-se que o comércio extraurbano atraído por uma grande cidade está em função direta da população daquela cidade. Ou seja, em igualdade de condições, uma cidade com população dupla em relação a uma outra cidade atrai para si um volume de comércio extraurbano duplo.

Em outras palavras, é possível usar o expoente (N) da relação das populações na equação com valor igual a um. Falta agora encontrar o expoente (n) da relação, relativo às distâncias. Da equação 3.1 tem-se:

$$n = \frac{\log\left(\frac{V_a}{V_b} \times \frac{P_b}{P_a}\right)}{\log \frac{D_b}{D_a}} \tag{3.2}$$

A pesquisa de Reilly permitiu determinar a proporção do montante das vendas atraídas para algumas cidades do Texas em relação a um grande número de localidades periféricas. Os valores assim encontrados foram substituídos na equação no lugar de V_a e V_b. Os dados da população e da distância eram conhecidos, portanto foi necessário apenas encontrar n. Para os dados testados, concluiu que a moda estava nitidamente representada pelos valores 1,51 - 2,50, ou seja, o expoente típico era, aproximadamente, dois. Este valor acabou sendo adotado como expoente n na fórmula. Em [Tag78] pode-se encontrar maiores informações a respeito da pesquisa e dos outros valores obtidos. A lei de Reilly é, portanto, expressa como segue:

Lei de Reilly 1 *Duas cidades (A e B) atraem o comércio de uma localidade menor, intermediária (T), aproximadamente em proporção direta ao número de habitantes das duas cidades maiores (A e B) e em proporção inversa ao quadrado da distância de cada cidade (A e B) à localidade intermediária.*

A equação correspondente é:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{P_a}{P_b} \times \left(\frac{D_b}{D_a}\right)^2 \tag{3.3}$$

Como se pode observar, esta lei é semelhante à lei física da gravitação dos corpos, enunciada por Newton. Por este motivo, recebe o nome de Lei de Gravitação do Comércio Varejista.

3.2.5 Fator de Inércia

A fórmula de Reilly serviu como ponto de partida para resolver outros problemas localizacionais. Um deles consistia no modo de determinar a importância do comércio no varejo de artigos não comuns que uma determinada localidade consegue manter. De acordo com [Tag78], esse trabalho foi realizado por pesquisadores da Universidade de Illinois.

A solução para o problema consiste em substituir a cidade B pela localidade que se deseja considerar, através de D_b. Os cálculos foram executados para encontrar a gravitação de cem localidades compreendidas na área do Illionois, conhecendo-se previamente os valores de V_a e de V_b, além dos dados da população e das distâncias das localidades periodicamente consideradas das correspondentes cidades de atração.

O resultado final mostrou que a mediana dos 100 valores obtidos girava em torno de 6,7 km. Estes dados foram colocados na fórmula procurada dando-se a ele o nome de *fator de inércia.* A fórmula proposta é apresentada na equação 3.4:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{P_a}{P_b} \times \frac{6,72}{D_a} \tag{3.4}$$

Os símbolos utilizados nesta fórmula têm significado diferente daquele adotado na fórmula de Reilly. De fato, na nova fórmula, B representa a localidade menor, que perde uma parte do seu comércio em favor do centro maior, que é A. Portanto,
V_a = percentagem do comércio varejista que a localidade B perde em favor do centro maior A.
V_b = percentagem do comércio varejista mantido *in loco* por B.
P_a = população do centro de gravitação A.
P_b = população da localidade B.
D_a = distância de B até A.
$6,72$ = fator de inércia.

A equação fornece o valor da fração $\frac{V_a}{V_b}$, isto é, a relação entre as vendas perdidas pelo centro menor (B) em favor da localidade maior (A) e as vendas mantidas.

Análises executadas confirmaram a validade dos resultados obtidos com a fórmula de Reilly em todos os casos onde as duas cidades (A e B) que atraem o comércio varejista de uma pequena cidade intermediária não são de importância demográfica muito diversa. Por outro lado, se esta diferença for superior por um fator de 20, é preciso prestar atenção ao expoente para balancear melhor a fórmula, por exemplo, ao se comparar a cidade de São Paulo, ou qualquer outra grande metrópole, com qualquer cidade ao seu redor. Neste caso, o expoente 2 da população precisa ser calibrado. Há estudos que sugerem valores entre 1.7 e 3 para o expoente, conforme [Tag78].

O trabalho sugere que, em tais casos, especialmente quando a diferença entre as populações das duas cidades seja acentuada, de 25 a 50 vezes, deve-se usar o cubo da relação entre as distâncias, ao invés do quadrado.

3.2.6 Determinação dos Limites das Áreas de Mercado

O emprego mais importante e mais útil que se fez da fórmula de Reilly é o da delimitação das áreas de mercado, ou seja, a pesquisa dos limites da zona que gravita em torno de um centro comercial. A equação para encontrar os pontos de separação ou de indiferença é extraída da equação (3.3). Neste caso, supõe-se que as vendas que vão para A são iguais às que vão para B. Dessa manipulação, resulta a equação 3.5:

$$D_{bx} = \frac{D_{ab}}{1 + \sqrt{\frac{P_a}{P_b}}} \tag{3.5}$$

Na equação 3.5, D_bx representa a distância da cidade B para o *ponto de indiferença* (X) e D_ab representa a distância entre as cidades A e B. Um ponto de indiferença é um ponto *neutro* que se encontra na fronteira das áreas de influência das cidades. Como também pode-se depreender dessa equação, se as duas cidades têm a mesma população, o ponto que se procura é eqüidistante de A e B.

As áreas de atração são freqüentemente determinadas com tal processo. No entanto, muitas vezes o modelo de gravitação do comércio varejista é empregado juntamente com outros critérios e processos, pois, de acordo com [Boy78], as áreas comerciais da cidade são mais complicadas do que a fórmula pode representar. Pode-se afirmar que existem vários níveis de serviços, ou seja, na prática, cada estabelecimento tem o seu próprio território de competição. Além disso, as áreas comerciais não são puras, mas existem variações de níveis, dentro de uma mesma área, por exemplo, retratados por dados sócio-econômicos. É também necessário atentar para as rotas de transporte, que não foram consideradas por Reilly e que têm fortes implicações na localização dos centros comerciais.

Assim sendo, fica evidente que qualquer fórmula resultará muito rígida e insuficiente se for utilizada isoladamente. É necessário levar em consideração numerosos elementos além da população, da distância e das vias de comunicação. Por exemplo, pode influir o fato de que numa cidade haja mais comodidades quanto ao serviço bancário, restaurantes, melhores cinemas, clima mais saudável etc. Portanto, uma pesquisa de mercado, localidade por localidade, é indispensável para que as delimitações das áreas de mercado correspondam o mais próximo da realidade.

3.2.7 Níveis de Renda e Compras nos Centros Menores ou na Cidade

Conforme comentado na seção 3.3.2, os consumidores se sujeitam mais facilmente a percorrer longas distâncias quando têm que comprar produtos de alto luxo e de alto custo, do que quando têm de comprar artigos de uso comum e de preço moderado. Isto é muito

natural, pois os produtos de luxo e de custo elevado são adquiridos mais raramente e requerem maior escolha.

De acordo com [Tag78], uma pesquisa realizada pela Universidade do Illionois, permitiu estabelecer uma espécie de graduação, baseada na percentagem das compras efetuadas fora do local de residência e nas distâncias percorridas pelos compradores, conforme descrito a seguir:

- Produtos de luxo e de alta moda: roupas, chapéus e sapatos.
- Produtos comuns: artigos para presentes e variedades, artigos de toalete, sabões e produtos alimentícios.

Por ocasião desta pesquisa, foram obtidas outras informações de interesse para o estudo dos mercados. Exemplos são aquelas que se referem à importância e aos tipos de compras efetuadas nos centros urbanos pelos consumidores das localidades periféricas, a freqüência de tais compras, as épocas mais propícias para a sua efetivação etc. Foram pedidas também as razões que levaram os compradores das pequenas localidades a irem até às cidades mais importantes para suas compras.

Estas pesquisas detectaram que 97% das famílias compravam produtos de vestuário fora das localidades em que residiam.

3.2.8 Faixa de Concorrência

A fórmula de Reilly é uma ferramenta de cálculo para tentar resolver aproximativamente o problema de traçar os limites das áreas de mercado. Os acertos posteriores, com visitas *in loco* e com outros elementos disponíveis, visam mostrar onde os resultados teóricos são válidos. Os controles executados pela Universidade do Illionois em uma pesquisa sobre 11 cidades do estado de Illionois demonstraram que os resultados obtidos com a fórmula de Reilly, confirmavam, com uma margem de 93%, os dados obtidos através dos outros métodos.

É claro que os limites das áreas mercadológicas não constituem uma muralha intransponível. Eles representam uma faixa bastante ampla. Há, portanto, uma zona que se pode conquistar mediante uma ativa concorrência, organizando serviços eficientes e melhorando a aparelhagem das lojas. De acordo com [Tag78], em outro estudo, também executado pela Universidade de Illionois, foi observado que tal zona limítrofe de concorrência, na parte central do Illionois, não excede geralmente 8 quilômetros. Ela pode ser invadida pelos comerciantes mais agressivos e que disponham de bons produtos. O contrário também pode acontecer: caso a concorrência agressiva esteja na outra parte: ela poderá entrar na área natural dos vizinhos até à profundidade média indicada de 8 quilômetros.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

3.3 Teoria do Lugar Central de Walter Christaller

De acordo com [Abl82], Walter Christaller desenvolveu pesquisas sobre as causas pelas quais as cidades se organizavam em pequenas redes. Investigou a razão da existência de cidades grandes e pequenas e porque elas eram distribuídas de uma forma tão irregular. O seu trabalho, pioneiro na descrição das redes e cidades, pode ser encontrado em [Chr33].

O trabalho é dividido em três partes. Na primeira, ele formula a sua teoria, procurando inicialmente definir alguns conceitos básicos. A segunda parte do trabalho é destinada à apresentação de uma técnica para a determinação dos lugares centrais a partir de dados reais. Na terceira e última parte, o autor analisa os resultados obtidos na parte anterior e caracteriza o sistema de lugares centrais para o sul da Alemanha. Apenas a primeira parte é de interesse desta dissertação.

3.3.1 A Idéia Geral de Centralidade

A vida comunitária tem sido organizada em torno de determinados locais que se tornam os centros das futuras cidades. Entrepostos comerciais, igrejas, um núcleo agrícola representado por uma fazenda, o entroncamento de vias de transporte, entre outros, são fenômenos que têm servido como centros para a formação de cidades.

A cidade moderna possui pontos onde a vida é mais intensa, onde se localizam o comércio, os bancos e os serviços em geral, por exemplo. Esse princípio de *centralidade*, quando levado para um espaço exterior à cidade, é chamado de primeira função de uma cidade, ou seja, é o centro de uma área periférica que a rodeia e é o mediador do comércio local com o mundo exterior. A função mais elementar de uma cidade então é ser o centro de uma região. Essa região em torno da cidade é dependente dela sob vários pontos de vista. De acordo com [Abl82], Christaller chamou-a de *região complementar*.

A idéia de lugar central aparece a partir desse conceito de centro de uma região onde a densidade de localização da população e das atividades econômicas é maior do que na região complementar. Em contraste com o lugar central definido dessa forma, existem também lugares dispersos, querendo significar com isso que tanto a população como as atividades teriam localizações dispersas. De fato, dependendo da escala, toda região tem lugar central e lugares dispersos.

Para Christaller, o lugar central pode ter diversos tamanhos e ser complementar às regiões maiores. Com isso, ele introduz uma idéia de diferenciação por níveis dos lugares centrais, sendo possível falar em lugar central de primeira ordem, segunda ordem e assim por diante.

O autor define que quanto maior a importância de um lugar central, ou seja, quanto maior a centralidade, maior será a sua região complementar. Para ele, se a importância

é determinada pelo tamanho, então parte dessa importância deve ser atribuída à própria cidade como aglomeração de população e outra parte à cidade como lugar central.

Um outro conceito importante é o da *ordem* entre bens e serviços centrais. Os bens e serviços centrais de ordem mais elevada serão aqueles produzidos e oferecidos nos lugares centrais de ordem mais elevada. Na realidade, existem bens que são produzidos centralmente e oferecidos dispersamente, como os jornais. Outros bens são produzidos dispersamente mas oferecidos centralmente, como os bens agrícolas que são levados ao mercado localizado no lugar central. Segundo Christaller, não é a produção dos bens, mas a sua oferta que irá caracterizar o lugar central. As funções centrais incluiriam em primeiro lugar o comércio de todo o tipo, que é notadamente orientado para o centro, depois os serviços bancários, muitos tipos de pequenos serviços, administração pública, ofertas de serviços culturais e espirituais etc.

O que se percebe dessa teoria é que o autor não ficou preocupado apenas com bens que tenham uma certa expressão econômica, mas também com certos bens e serviços não econômicos (cultura, serviços religiosos, etc). A oferta de tais tipos de bens e serviços pode ser tratada em parte através de leis econômicas, pois a sua utilização demanda um certo gasto em transporte e um certo custo em colocar à disposição da população os bens e serviços.

3.3.2 Comportamento do Consumidor de Bens Centrais

Existe uma forte relação entre o consumo de bens centrais e o desenvolvimento dos lugares centrais. Os habitantes dos lugares centrais vivem da renda obtida pela compra e venda dos bens centrais, dependendo portanto da quantidade líquida de renda que sobra nas suas mãos após a prestação dos serviços ou da venda dos bens. O consumo de bens e serviços centrais irá depender do preço que irá prevalecer no lugar central, da renda disponível para a compra desse determinado bem, do tamanho e distribuição da população e principalmente do grau de aglomeração dessa população.

Para Christaller, uma variável importante considerada na determinação da demanda é a densidade e a distribuição sócio-demográfica, também conhecida como estrutura da população. Na medida em que a população se acha mais aglomerada, isto é, que a sua densidade por unidade de área é maior, a demanda total de um determinado bem central será maior. Por outro lado, a própria estrutura da população e da distribuição da renda poderão ter grande influência na demanda de bens centrais. O autor ainda observa que os bens centrais de ordem superior são bens consumidos caracteristicamente pelas pessoas de renda elevada, concluindo-se daí que a elevação da renda média da coletividade e a concentração de determinadas profissões com rendas mais elevadas residindo nos lugares centrais são fenômenos que devem acompanhar o desenvolvimento do lugar central.

3.3.3 O Lugar Central e as Características da Região Complementar

Como foi mencionado na seção 3.4.1, cada lugar central possui uma área ao seu redor que lhe é complementar. O que irá caracterizar essa área será inicialmente o seu tamanho. No entanto, em menor grau, a sua topografia, meios de transporte e disponibilidade de recursos naturais também devem ser considerados. O tamanho da região está relacionado com o tamanho do lugar central. Os lugares centrais desenvolvidos, com grande número de bens centrais, correspondem a uma grande região. Os pequenos lugares centrais possuem regiões complementares pequenas. Entretanto, a extensão da região não é proporcional ao tamanho do lugar central, pois quanto maior for a quantidade da renda dos seus habitantes destinada a gastos com deslocamentos, menor será a quantidade de renda utilizada no consumo dos bens centrais. Por outro lado, o tamanho do lugar central irá depender também da densidade da população presente na sua região. Dados dois lugares centrais com regiões de mesmo tamanho, o maior lugar central corresponderá à região de maior densidade populacional.

Assim, para se determinar a magnitude de um lugar central para uma determinada região, será preciso considerar não apenas a extensão territorial dessa região mas também a densidade populacional e a sua distribuição em diferentes distâncias com relação ao centro. Como essa distância deve ser medida em tempo de transporte e não em quilômetros, os meios de transporte disponíveis têm um papel relevante na determinação do tamanho da região e do respectivo lugar central.

Melhores condições de tráfego e de transporte significam uma redução na distância econômica, considerada como o tempo necessário para a locomoção do consumidor até o ponto de consumo do serviço ou do bem central. Essa redução provoca a ampliação da área servida pelo lugar central e o seu desenvolvimento. A mesma coisa é verdade em relação aos bens centrais. Aqueles com melhores condições de tráfego e transporte mais baratos poderão atingir distâncias maiores. Com melhores condições de tráfego e transporte, um maior número de tipos diferentes de bens centrais poderão ser oferecidos. Em ambos os casos o resultado será um desenvolvimento do lugar central.

A disponibilidade de recursos naturais e a topografia do terreno influenciam indiretamente a caracterização da região. É na medida em que esses elementos determinam a distribuição, a densidade e a renda da população que eles terão uma influência sobre a caracterização da região complementar. Finalmente, um elemento importante na caracterização de região complementar de um lugar central é o fato desse lugar central localizar-se, por exemplo, no litoral ou na fronteira entre dois países. Em ambos os casos, é possível que a região complementar do lugar central apresente a forma de um semi-círculo ao invés de um círculo completo. Entretanto, quando se observa uma cidade localizada

no litoral é possível perceber que as suas ligações com o restante do país através de via marítima podem compensar, de certa forma, a falta de parte da sua região complementar.

3.3.4 A Ordem do Bem Central

A *ordem* de um bem central está relacionada com a distância dentro da qual a população dispersa estará disposta a adquirir o bem oferecido em um lugar central. Como a distância a ser percorrida pelo consumidor estará na dependência da periodicidade segundo a qual ele necessita do bem, percebe-se que existem diversas ordens de bens centrais, sendo mais elevada a ordem daquele que possuir um maior raio de atendimento do mercado a partir do lugar central.

[Abl82] apresenta quatro variáveis que influenciam a ordem do bem central: a *distribuição* e a *estrutura da população*, a *distância econômica* da população dispersa até o lugar central e a *característica* do bem central.

A distribuição da população faz-se sentir através da maior ou menor densidade apresentada por ela dentro da região. A concentração de população em um determinado núcleo aumenta o número de bens centrais oferecidos e conseqüentemente a ordem desses bens centrais, na medida em que eles serão produzidos em maiores quantidades a preços mais baixos.

A estrutura da população do lugar central e de sua região complementar irá influenciar a ordem do bem central oferecido através da determinação da parcela da renda que será destinada ao consumo de um determinado bem central. Uma população mais jovem terá hábitos de consumo diferentes dos de uma população onde predominem as pessoas de meia idade. Da mesma forma, agricultores e habitantes de cidades têm hábitos de consumo diferentes.

A distância econômica, medida através do tempo necessário para percorrê-la, associada a uma medida de custo de transporte, é uma variável importante na determinação da ordem do bem central. A importância deste fator aumenta se for levado em consideração que a valorização dessa distância pelas diversas camadas da população é significativamente diferente.

Finalmente, um fator crucial para a determinação da ordem de um bem central é a sua própria característica, seja com relação à periodicidade do seu consumo, seja com relação à urgência da sua necessidade. Um bem que é consumido diariamente não terá uma ordem muito elevada, pois não existirão consumidores em quantidade suficientemente dispostos a realizar viagens diárias para a sua compra. Por outro lado, se o consumo se dá em intervalos maiores, o bem central terá ordem mais elevada. No mesmo sentido, se o bem é de primeira necessidade e de difícil substituição, como os serviços médicos, por exemplo, é de se supor que a população esteja disposta a se locomover a uma distância maior a

fim de ter acesso ao consumo do bem considerado. O contrário acontecerá no caso de um bem facilmente substituível por outro. A ordem do bem de primeira necessidade será, sem dúvida, superior à do segundo.

3.3.5 O Sistema de Lugares Centrais

Estabelecidas as premissas do trabalho de Christaller, pode-se formular a noção de um sistema de lugares centrais. A sua lógica parte da existência de um certo número de bens oferecidos nos chamados lugares centrais, sendo a importância de tais lugares centrais determinada pelo número de bens aí oferecidos. Os bens que possuírem uma área de ação maior serão de ordens superiores. O problema que se coloca nesse caso é de saber onde serão traçadas as fronteiras entre as diversas cidades e qual será a hierarquia em termos de dominação dos diversos centros considerados. É interessante notar que neste caso está se passando de uma situação na qual a análise é feita para cada bem individualmente e apenas um lugar central para outra onde o conjunto de bens centrais de diversas ordens é que irá determinar a estrutura geral do sistema de lugares centrais.

De acordo com [Abl82], Christaller apresenta um modelo teórico segundo o qual as cidades deveriam se organizar considerando: a não existência de qualquer tipo de obstáculo no que se refere ao transporte em todas as direções; e o custo do transporte como homogêneo em toda a região considerada. Ainda segundo [Abl82], as distorções observadas na realidade podem ser explicadas por fenômenos de ordem geográfica presentes no território observado.

Para formular seu modelo teórico, Christaller trabalha a partir da idéia de ordem de um bem central ou do limite dentro do qual esse bem pode ser oferecido a partir de um determinado lugar central. Como maneira de melhor entender a sua teoria, será apresentado um exemplo. Considere um bem que tenha um limite de oferta de 21 km a partir de um lugar central, sob determinadas condições. Isto significa que dentro de um raio de 21 km a partir do centro considerado, o bem poderá ser oferecido e comprado a um determinado preço, tendo em vista a renda disponível da população para adquirir tal bem. Toda área dentro desse anel de 21 km poderá ser suprida apenas com a existência de um lugar central. Por exemplo, o ponto B da figura 3.2, retirada de [Abl82], apresenta a sua área de influência. A terminologia de Christaller rotula um bem com a sua distância ao centro de um anel. Assim, cada bem a 21 km de um centro C é rotulado como *bem 21* em relação a C.

Se admitida agora a existência de outro bem central com uma área de ação de 20 km a partir de B, haverá uma região entre 20 e 21 km que não poderá ser suprida a partir do lugar central B. Para que seja possível suprir essa área com o bem número 20 será preciso admitir a possibilidade de existência de outros lugares centrais. O número mínimo

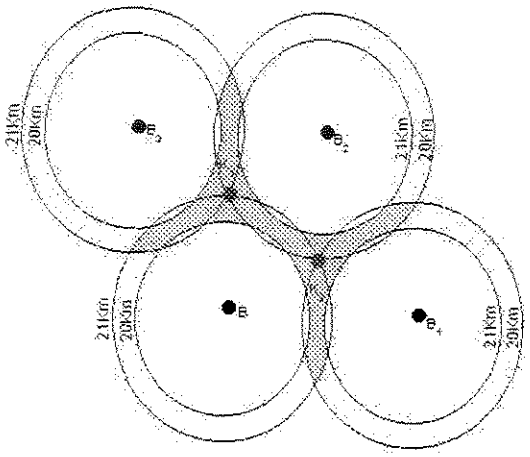

Figura 3.2: Regiões centrais e suas áreas de influência.

de lugares centrais, nesse caso, seria 3, para cobrir todo o anel entre os quilômetros 20 e 21. Estes 3 lugares deveriam ser localizados eqüidistantes um dos outros sobre a linha formada pelo bem 21 vendido no lugar central B. Esse número é um número mínimo e não garante a eficiência do sistema. Admitindo-se a existência de outros lugares centrais concorrentes a B, localizados em torno de B, e equidistantes 36 km entre si, é possível verificar que a superposição dos diversos anéis entre os quilômetros 20 e 21 a partir de cada um dos lugares centrais considerados (B, B_1, B_2 etc) deixará uma área dentro da qual não existirá a oferta do bem 20. Essa área corresponde à parte em cinza escuro da figura 3.2.

O ponto K_2 é o mais favorável para a localização de um lugar central que possa suprir com o bem 20 a área não suprida pelos lugares centrais B, B_1 e B_2. Neste ponto deverá surgir um lugar central com ordem 20 e que atenderá com bens rotulados de 1 a 20 ao seu redor, concorrendo com os demais lugares centrais cada vez que as suas áreas de ação forem superpostas. Assim, um segundo conjunto de lugares centrais de ordem inferior a B irá surgir no centro dos triângulos formados pelos lugares centrais dessa ordem. Tais lugares centrais surgem nos pontos K_1 e K_2.

A oferta do bem de ordem 19 será suprida para toda a região a partir dos centros B e Ks conjuntamente, uma vez que as áreas a 19 km de cada um desses lugares centrais em conjunto cobrem totalmente o território observado. O mesmo acontecerá com os bens de ordens 18, 17, 16, 15, 14, 13 e 12. Entretanto, o bem central de ordem 11 deixará um

espaço sem suprimento, pois as circunferências que passam a 11 km dos diversos centros não chegam a cobrir totalmente o território da região, permitindo que apareçam os espaços em cinza escuro na figura 3.3, para os quais não haverá suprimento do bem 11 a partir dos lugares centrais que irão oferecer os bens de ordem 11 e ainda os de ordens inferiores. Serão os lugares centrais que aparecem na figura 3.3 e denominados de A. Esses lugares centrais serão eqüidistantes dos lugares centrais B e K existentes anteriormente e irão localizar-se nos centros dos triângulos formados por A do grupo de três lugares centrais de ordem superior (B e K).

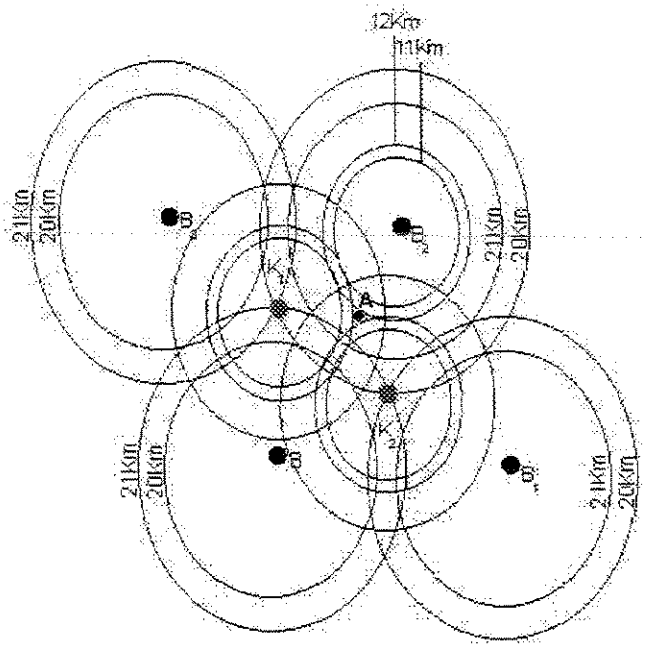

Figura 3.3: Determinação dos lugares centrais.

Christaller observa que para os bens de ordem inferior surgiram lugares centrais menores, até que a totalidade do espaço em estudo esteja coberta. Ele conclui que o sistema de lugares centrais tal como ele foi elaborado apresentará a forma definitiva apresentada na figura 3.4

À medida em que a área abrangida pelos bens de ordens cada mais elevadas se amplia, passando a abranger mais de um lugar central de ordem B, não haverá mais necessidade de que ele seja oferecido em dois ou mais lugares centrais da mesma ordem. Nesse caso o

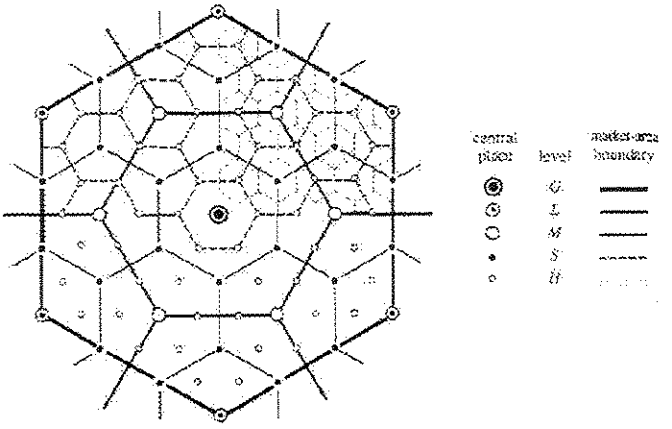

Figura 3.4: Sistema Teórico de Lugares Centrais.

lugar central que ocupar uma posição mais favorável com relação aos demais, em termos de centralidade, irá se especializar na oferta desse bem e suprirá o total da região. Tal lugar central terá ordem superior aos demais e irá fazer parte do sistema de lugares centrais agora ampliado. É possível levar o raciocínio mais adiante, admitindo-se sempre a existência de bens centrais de ordens cada vez maiores e o aparecimento de centros maiores.

3.4 Conclusões

Este capítulo apresentou conceitos e definições sobre alguns modelos localizacionais para geomarketing que serão necessários para o pleno entendimento do domínio do estudo de caso, sua implementação e resultados obtidos. Discutiu noções sobre dois modelos, o gravitacional de Reilly e o da teoria do lugar central de Christaller.

Através da pesquisa realizada, foi possível concluir que o modelo de Reilly, por definir conceitos de área de influência em termos de fórmulas, permite aplicação mais direta do que o modelo de Christaller. A principal utilidade deste último modelo é no entendimento das causas para a formação atual das cidades. Ele exige análise qualitativa da evolução temporal dos processos econômicos e, portanto, é mais difícil de implementar via *software*. Além disso, os dados necessários para sua implementação são mais difíceis de obter. O próximo capítulo apresenta as principais ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do protótipo.

Capítulo 4

Ferramentas Utilizadas

Este capítulo faz uma apresentação das ferramentas utilizadas durante o transcorrer deste trabalho e que serviram para a implementação do protótipo. Para cada ferramenta, serão apresentadas as principais características e funcionalidades.

4.1 ArcView

O ArcView é uma ferramenta da classe dos sistemas de informação geográfica e que permite ao usuário visualizar, explorar, consultar e analisar dados espacialmente. Uma outra característica importante desta ferramenta é a possibilidade de usar dados tabulares associados a imagens. O ArcView foi desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) e a versão utilizada é a 3.2a. O usuário interage com o sistema através de um projeto. Cada projeto do ambiente SIG pode ser genericamente entendido como um agrupamento de dados relacionados que o usuário manipula conjuntamente. Cada projeto contém seu próprio conjunto de *views*, tabelas, gráficos, *layouts* e scripts. A Figura 4.1 apresenta um esquema do relacionamento destes componentes.

As Views são janelas de visualização onde os temas geográficos podem ser manuseados e editados conforme as ferramentas disponibilizadas pelo sistema. As tabelas podem ou não estar associadas a View através dos temas. Estes representam um conjunto de feições geográficas com uma determinada geometria. Os temas que compõem uma View podem ser vetoriais ou *raster*, de fontes diversas, e podem ser convertidos, em sua maioria, para o formato *shapefile* (.shp) do ArcView.

O Layout é uma apresentação final do projeto, sendo geralmente composto por elementos integrantes de um mapa. Ele é utilizado para confecção de plantas, cartas ou mapas personalisados, associados a uma ou mais Views, Charts ou Tabelas. Um *layout* pode refletir dinamicamente qualquer modificação referente à *view* à qual ele está associado. Os Charts são gráficos estatísticos que também podem compor um projeto. O script é

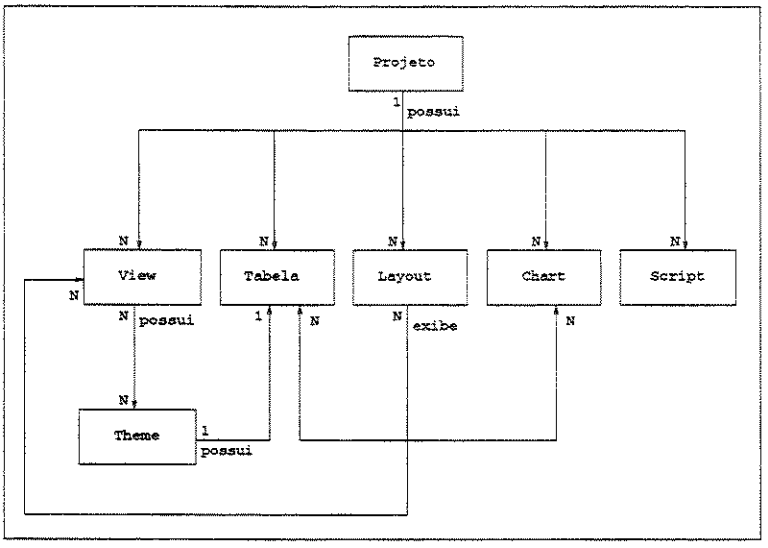

Figura 4.1: Esquema do relacionamento dos componentes de um projeto.

um outro elemento do Projeto, que será apresentado com maiores detalhes na seção 4.3.

4.1.1 Objetos no ArcView

O ArcView considera todos os elementos que manipula como objetos. Quando o usuário abre uma *view*, ele está trabalhando com uma *View object*; quando ele adiciona um tema na *view*, ele está trabalhando com o *Theme object*. A interação com a *interface* do usuário e os programas escritos em Avenue são as maneiras de manipular os objetos do ArcView.

Objetos com características similares são agrupados em classes. Considere, por exemplo, os botões na *interface* do ArcView. Todos os botões se parecem e se comportam de maneira similar para que o usuário possa agrupá-los na classe Botão. Quando o usuário clica num botão, ele está interagindo com uma instância da classe Botão. Além disto, as classes servem como *templates* para a criação de novos objetos. Por exemplo, quando um usuário adiciona um novo botão na *interface*, ele está criando uma instância da classe Botão e este novo objeto terá todas as características dos membros da sua classe.

Todos os objetos numa classe compartilham características comuns. Por exemplo, todos os objetos View têm um mapa e uma tabela de conteúdo; podem ter temas adicionados a eles; podem ser impressos, entre outras operações. É possível dividir estas características em dois tipos básicos: atributos e métodos, que seguem as mesmas noções de orientação a objetos.

4.1.2 Tipos de dados

O ArcView permite ao usuário manipular uma grande variedade de dados de diversas origens, podendo operar tanto com dados espaciais como com os dados convencionais. Os dados espaciais armazenam a localização geométrica de feições particulares, além da descrição do que esta feição representa. É ainda possível trabalhar com imagens de vários formatos e de várias origens, como imagens de satélite, fotografias aéreas ou mesmo dados scaneados.

Dados espaciais armazenam a localização geométrica das feições, junto com a informação dos atributos que descrevem o que estas feições representam. Os dados de localização são armazenados em estruturas de dados vetoriais ou *raster*, e seus atributos são armazenados em um conjunto de tabelas.

4.2 Avenue

O Avenue é uma linguagem de programação que é parte integrante do ArcView. Esta linguagem é útil principalmente para simplificação de operações, construção de novas funções ou o desenvolvimento de aplicações com customização das *Graphical User Interfaces* (GUIs). O uso desta linguagem permite a mudança da GUI padrão que vem do fabricante. É possível reorganizar a *interface*, mudar textos e ícones, e adicionar ou remover menus.

De acordo com [Ser96], o Avenue é uma linguagem de script orientada a objetos. A ênfase no Avenue, como em todos os sistemas orientados a objetos, é na identificação de objetos e na troca de mensagens entre eles. Ela utiliza a mesma *interface* do ArcView, o que garante a familiaridade de uso para os programadores. Uma outra característica desta linguagem é que o script só funciona através do ArcView.

4.3 *Network Analyst*

O *Network Analyst* é uma extensão do ArcView que auxilia na resolução dos problemas de *redes*. [Lor03] define redes como entidades formadas por pontos (nós ou vértices) e linhas (arcos ou arestas) que descrevem de maneira natural vias públicas, conexões de água ou telefonia. As redes para modelos urbanos descrevem as ruas, avenidas e suas interseções (cruzamentos).

O uso do *Network Analyst* permite:

- Encontrar as facilidades (pontos) que estão mais próximas de uma localização.
- Encontrar as áreas e redes de serviço em torno de um ponto. A extensão possui duas ferramentas que encontram as facilidades que estão mais próximas de um determinado ponto, rede de serviços e áreas de serviço. Redes de serviços são linhas que identificam as ruas que estão dentro de uma certa distância ou dentro de um determinado tempo de viagem especificada através da malha viária (rede). Áreas de serviço são polígonos que identificam a região dentro de uma certa distância ou do tempo de viagem até um ponto.
- Encontrar as melhores rotas: encontrar o melhor caminho de um ponto a outro, ou a melhor maneira de visitar localidades. Calcula as melhores rotas baseadas na menor distância ou no menor tempo entre a origem e o destino. É possível ainda encontrar as melhores rotas em determinados horários, bastando modificar os pesos dos fatores para o cálculo de rotas.

A Figura 4.2 apresenta um exemplo de uso do *Network Analyst* para encontrar todas as ruas que poderiam ser alcançadas por uma ambulância em até dez minutos e também identificar todas as áreas que podem ser atendidas pelos postos de saúde. A parte (a) mostra dois *shapefiles* sobrepostos: um contendo os pontos de atendimento médico e o outro com as ruas da região. Após o processamento da consulta, conforme ilustrado em (b), são gerados dois novos *shapefiles*: um contendo as áreas de atendimento e o outro as ruas que dão acesso aos postos, de acordo com os critérios adotados na consulta.

4.4 Conclusões

A implementação realizada utilizou o ArcView como SIG e o Avenue como linguagem de programação pelo fato da empresa fabricante ser a principal deste segmento de mercado e por estas ferramentas oferecerem um bom número de recursos computacionais. Além disto, o fato de ser grande o número de usuários possibilita que este trabalho alcance um público maior.

Este capítulo apresentou as ferramentas utilizadas no trabalho. Discutiu também as principais características de cada uma delas. O próximo capítulo apresenta os conceitos de engenharia de *software* que foram aplicados no desenvolvimento deste trabalho.

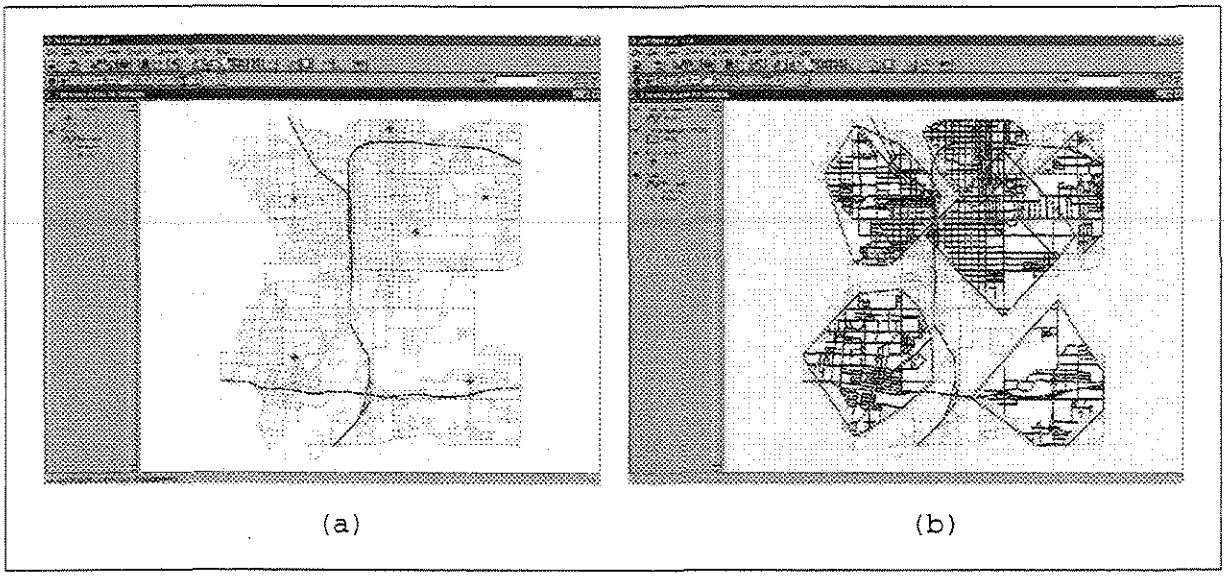

Figura 4.2: Exemplo de uso do *Network Analyst*.

Capítulo 5

SIG e Engenharia de *Software*

Este capítulo apresenta conceitos de Engenharia de *Software* que foram estudados e aplicados no trabalho. Ele está dividido em três partes. A primeira parte apresenta os modelos de desenvolvimento de *software*. A segunda parte apresenta uma definição de especificação de sistema. A última parte apresenta os aspectos de *interface* que foram considerados.

5.1 Modelos de Processo de *Software*

O aumento da complexidade dos sistemas e da exigência por maior qualidade do produto de *software* fez com que a Engenharia de *Software* tivesse uma preocupação, em especial, com o processo de desenvolvimento. [Pre02] define este processo como um *framework* para tarefas que são necessárias para construir um *software* com qualidade. Esta seção apresenta os principais modelos de processo de desenvolvimento.

5.1.1 Ciclo de Vida Clássico

O modelo de vida clássico, também conhecido como modelo cascata, é um paradigma de desenvolvimento sistemático e seqüencial, em que o resultado de uma fase é a entrada da fase seguinte. As atividades em cada fase são bem estabelecidas, existindo profissionais específicos para cada tarefa. Conforme ilustra a Figura 5.1, o modelo possui quatro fases: análise e especificação dos requisitos, projeto, implementação e testes.

A opção por este modelo permite ao desenvolvedor mais facilidade na gerência do projeto e na entrega do produto. Todavia, ele é um modelo pouco flexível e de difícil uso quando não se tem pleno conhecimento do domínio do problema.

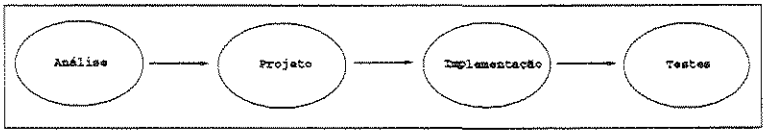

Figura 5.1: Modelo de Ciclo de Vida Clássico.

5.1.2 Desenvolvimento Formal de Sistemas

O modelo formal de desenvolvimento de *software* é uma abordagem semelhante ao modelo cascata. Nele também existem fases bem separadas, porém o seu processo de desenvolvimento é baseado em transformações matemáticas formais da fase de especificação para um programa executável. [Som02] ilustra o processo, conforme a Figura 5.2.

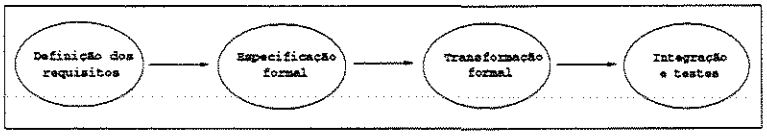

Figura 5.2: Processo formal de desenvolvimento.

No processo de transformação, a representação formal matemática do programa é sistematicamente convertida para uma representação mais detalhada do sistema, mas ainda não matematicamente correta. Cada passo irá adicionar detalhes até a especificação formal ser convertida para algo equivalente a um programa. As transformações são sempre muito próximas umas das outras, de maneira que o esforço de verificação é reduzido.

A vantagem desta abordagem é que a distância entre cada transformação é menor que a distância entre uma especificação e um programa. Apesar disto, a prova de programas é muito longa e impraticável para sistemas em larga escala. É indicada para casos especiais, em que requisitos como segurança, legibilidade e corretude são fundamentais. Fora estes casos específicos, este tipo de processo não é largamente utilizado. Conforme [Som02], para a maioria dos sistemas, este processo não oferece grandes vantagens em relação ao custo ou à qualidade sobre as demais abordagens.

5.1.3 Modelo Espiral

O modelo espiral passa por quatro fases a cada ciclo. Na primeira fase são definidos os objetivos, as alternativas e as restrições relativas tanto ao processo como ao produto de *software*. Na segunda fase é realizada a análise de risco para cada um dos riscos levantados

na fase anterior. Na terceira fase é realizado o desenvolvimento e a validação do sistema. Na quarta fase é feita a revisão do projeto e toma-se a decisão de percorrer ou não mais um ciclo da espiral.

A análise de risco é uma característica que o diferencia positivamente dos demais modelos. Ela permite ao desenvolvedor entender e reagir aos riscos de cada ciclo. Se o risco for muito grande, o projeto deve ser abandonado. Caso contrário, o fluxo em volta da espiral continua e a cada ciclo torna o sistema mais completo até chegar ao ponto de ter o sistema definitivo. A Figura 5.3 apresenta as fases do modelo.

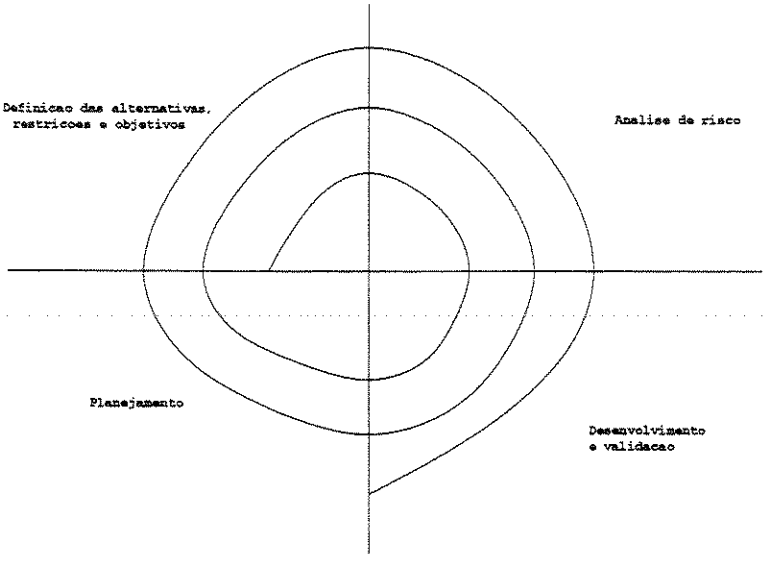

Figura 5.3: Modelo Espiral.

5.1.4 Prototipação de *software*

O desenvolvimento de protótipos de *software* visa a validação dos requisitos do sistema. Isto pode revelar erros e omissões nos requisitos propostos no início do desenvolvimento. Por exemplo, uma função descrita na especificação pode parecer bastante útil e bem definida. Porém, quando esta função é integrada a outras funções, é possível verificar que a visão inicial estava incorreta ou mesmo incompleta. A especificação do sistema pode então ser modificada para refletir essas mudanças nos requisitos.

[Som02] apresenta um modelo do processo de desenvolvimento de um protótipo, conforme ilustrado na Figura 5.4. Os objetivos da prototipação deverão ser explicitados no início do processo: por exemplo, a finalidade de criar um protótipo para *interface*, desenvolver um sistema para validar os requisitos funcionais ou para demonstrar a potenciali-

dade do *software*. O mesmo protótipo pode não conseguir alcançar todos os objetivos. Se estes estiverem implícitos, é importante que o usuário seja informado para evitar possíveis desentendimentos. Este fato faz com que, em algumas situações, os usuários não entendam os benefícios que obteriam com o desenvolvimento completo do sistema.

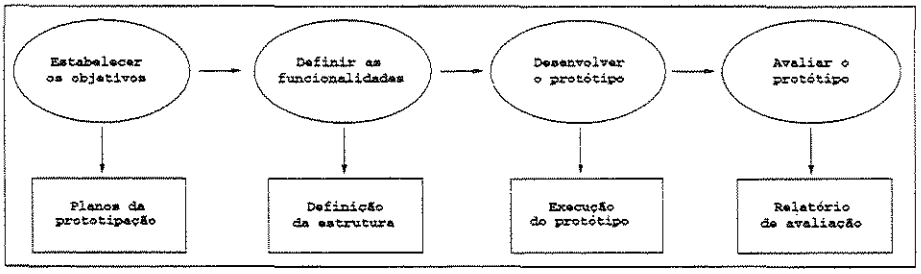

Figura 5.4: Processo de desenvolvimento de protótipo.

Prototipação evolutiva e prototipação descartável

No desenvolvimento de sistemas grandes e complexos, é praticamente impossível garantir o cumprimento dos requisitos dos usuários antes que o sistema seja construído e colocado em uso. Uma maneira de resolver esta dificuldade é utilizar uma abordagem evolutiva no desenvolvimento do sistema. Isto significa que o desenvolvimento deve ser incremental, ao contrário do desenvolvimento em cascata. Uma outra alternativa é decidir construir um protótipo descartável para ajudar a analisar e validar os requisitos do sistema. A Figura 5.5 apresenta, de maneira esquemática, os dois tipos de prototipação.

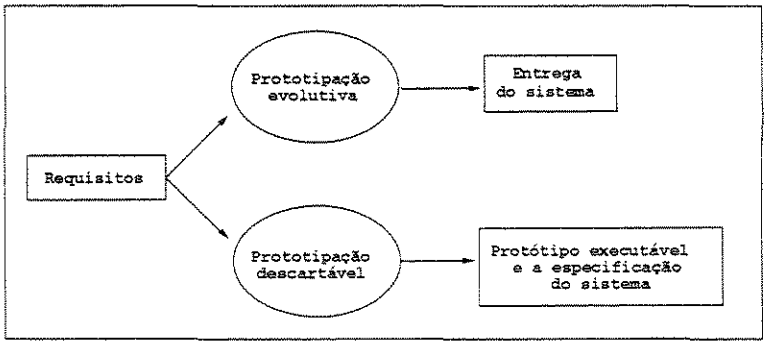

Figura 5.5: Prototipação evolutiva e descartável.

O objetivo da prototipação evolutiva é entregar um sistema ao usuário final. Isto significa que o analista de sistemas deverá começar entendendo bem os requisitos do usuário e selecionando os que possuem maior prioridade. Os requisitos que não foram bem especificados ou os que possuam uma baixa prioridade deverão ser implementados somente por demanda do usuário.

Já o objetivo da prototipação descartável é validar ou derivar os requisitos do sistema. Neste caso, o analista de sistemas deve começar a implementação dos requisitos que não foram bem entendidos porque estes precisam ficar claros. É possível, portanto, que os requisitos mais simples não sejam implementados neste modelo de desenvolvimento.

Além da distinção da finalidade daquelas abordagens, existe a diferença da qualidade do sistema. Os protótipos descartáveis têm, por definição, um curto período de vida útil. Isto deve ser possível para que as mudanças sejam realizadas rapidamente durante o desenvolvimento, conseqüentemente não se exigindo um grau alto de manutenibilidade. De acordo com [Som02], uma fraca performance e uma baixa confiabilidade podem ser aceitáveis num sistema descartável, principalmente se a sua função norteadora é ajudar no entendimento dos requisitos. Já os protótipos que se destinam a integrar um sistema final deverão ser desenvolvidos com os mesmos padrões de qualidade que qualquer outro *software*. Eles deverão ter uma estrutura robusta para que seja possível realizar manutenção no futuro, além de serem confiáveis, eficientes e já seguindo os padrões da organização.

5.1.5 Abordagem adotada para o estudo de caso

A principal função de um protótipo descartável é esclarecer o entendimento dos requisitos do sistema, sem a obrigatoriedade de gerar um produto para o desenvolvimento de um sistema mais completo. A abordagem de prototipação descartável foi adotada neste trabalho porque se adequa bem aos seus propósitos, que é estudar e analisar determinados modelos econômicos que tratem do problema proposto.

5.2 Especificação do Sistema Alvo do Trabalho

A especificação de qualquer sistema exige levantar os seus requisitos. [Som02] adota a seguinte classificação para a engenharia de requisitos:

- Requisitos do usuário. São as declarações, em linguagem natural e diagramas, se for necessário, dos serviços que o sistema deve fornecer e as restrições sobre as quais ele deve operar.

- Requisitos do sistema. Apresentação dos serviços e restrições do sistema em detalhes. Este documento, em algumas situações, é chamado de especificação funcional.

- Especificação do projeto do *software*. Consiste numa descrição abstrata do projeto de *software* que é uma base para um projeto e implementação mais detalhada. Esta especificação adiciona mais detalhes à especificação dos requisitos do sistema.

Conforme [ea96], a arquitetura de um SIG tem as suas peculiaridades se comparadas com os sistemas convencionais, sendo consideradas para o propósito deste trabalho a *interface*, as funções de processamento e o armazenamento e recuperação destes dados. Devido à importância da *interface* num SIG, os princípios adotados e a sua especificação serão apresentados, de forma mais detalhada, na próxima seção.

5.3 *Interface* do Sistema Alvo

Um projeto de um sistema computacional abrange um espectro de atividades que vai do projeto de *hardware* até o projeto de *interface* com o usuário. Enquanto muitos especialistas são empregados no projeto de *hardware*, poucos são os especialistas empregados no projeto de *interfaces*. Além do mais, um engenheiro de *software* geralmente tem a responsabilidade de projetar uma *interface* e realizar a sua implementação. Somente nas grandes empresas são empregados especialistas para o desenvolvimento de *interfaces*.

Um bom projeto de *interface* é uma parte crítica de um sistema computacional, principalmente se este for um SIG. Uma *interface* que seja difícil de ser utilizada resultará num alto nível de erro por parte do usuário. No pior caso, os usuários simplesmente se recusarão a utilizar o sistema independentemente da sua funcionalidade. Se a informação é apresentada de maneira confusa, os usuários dificilmente entenderão o significado da informação. Isso pode levá-los a iniciar uma seqüência de ações que irão corromper os dados ou, eventualmente, causar uma falha no sistema.

Os projetistas de *interface* de usuário devem possuir um bom entendimento das capacidades física e mental das pessoas que utilizam *software*. Elas estão propensas a erros, principalmente quando precisam manipular uma grande quantidade de informação ou quando estejam trabalhando sobre pressão. O projetista deve levar isso em consideração durante o desenvolvimento das *interfaces*.

A Tabela 5.1, retirada de [Som02], apresenta um resumo das capacidades humanas que são a base para a elaboração de uma *interface* e que foram consideradas para a confecção do protótipo.

Vários protótipos têm sido desenvolvidos para atender aos diferentes tipos de informação. A prototipação rápida é também utilizada para coletar informações dos requisitos e se adequar aos possíveis projetos. Na prototipação rápida, o protótipo é descartável, no sentido em que ele não é desenvolvido para ser, no futuro, um produto final, embora ele seja um importante recurso durante o processo de desenvolvimento.

Princípio	Descrição
Familiaridade	A *interface* deve utilizar termos e conceitos que sejam da experiência das pessoas que farão uso do sistema.
Consistência	A *interface* deve ser consistente e, se possível, nas operações similares deverão ser ativadas da mesma maneira.
Mínima surpresa	Os usuários nunca deverão ser surpreendidos pelo comportamento do sistema.
Recuperação de erros	A *interface* deverá incluir mecanismos para permitir aos usuários recuperarem os erros cometidos.
Orientação ao usuário	A *interface* deverá fornecer uma resposta rica semanticamente quando os erros ocorrerem e fornecer uma ajuda sensível ao contexto.
Diversidade de usuários	A *interface* deve fornecer facilidades apropriadas para os diferentes usuários do sistema.

Tabela 5.1: Princípios de projeto de *interface* de usuário.

As *interfaces* gráficas são o padrão para sistemas interativos. O esforço que envolve na especificação, projeto e implementação da *interface* representa uma parte significativa dos custos e do tempo de desenvolvimento da aplicação. Do ponto de vista da Engenharia de *Software*, a prototipação é uma parte essencial no projeto de desenvolvimento da *interface*. Por causa da natureza dinâmica das *interfaces*, as descrições textuais e os diagramas não são bons o suficiente para expressar os requisitos dos usuários.

Como se verá no próximo capítulo, a *interface* do protótipo é fortemente baseada na visualização cartográfica. Para isto, pressupõe que os usuários tenham familiariedade com este tipo de paradigma. Além disto, oferece ao usuário algumas opções simples de menu e de ativação ou desativação de visualização de certos tipos de dados (*layers* no ArcView). Assim sendo, exige igualmente treino no uso deste tipo de ação de visualização seletiva.

5.4 Conclusões

Este capítulo apresentou conceitos de Engenharia de *Software* que foram aplicados ao protótipo desenvolvido neste trabalho. Discutiu o processo de desenvolvimento, chamado de prototipação, a especificação do sistema e os princípios de *interface* empregados durante a fase de implementação. O próximo capítulo trata do estudo de caso, apresentando as suas principais características.

Capítulo 6

Estudo de Caso

Este capítulo faz uma apresentação do estudo de caso utilizado para validação dos modelos econômicos estudados durante o transcorrer deste trabalho. Inicialmente faz uma caracterização do estudo de caso e dos dados que foram empregados. Em seguida, apresenta a arquitetura do sistema e um exemplo de uso das funcionalidades implementadas. A última seção expõe as conclusões do capítulo.

6.1 Caracterização do Estudo de Caso

O estudo de caso tem como usuário final uma cadeia de lojas de tintas, chamada Loja da Borracha, que está localizada na cidade de Manaus, estado do Amazonas. A empresa atua em vários segmentos do comércio como, por exemplo, tintas, equipamentos náuticos, material de construção, entre outros. Existe uma loja para cada segmento. A escolha pelo comércio de tintas deve-se ao fato de existir um número maior de concorrentes, tornando mais evidente o uso dos modelos estudados.

De acordo com as entrevistas realizadas com os responsáveis pelo Centro de Processamento de Dados (CPD) da empresa, esta está passando por uma reformulação do seu parque computacional. A sua base de dados ainda apóia-se numa estrutura de arquivos, não existindo a figura de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). Na entrevista, foram apresentados aos responsáveis pelo CPD os conceitos de geomarketing e de que maneira estes poderiam ser empregados. Os responsáveis pelo CPD se disponibilizaram a fornecer as informações necessárias para conclusão do trabalho, tendo em vista se tratar de um trabalho acadêmico. Mesmo não sendo produto final um *software* completo, e sim um protótipo, os resultados do estudo já seriam de interesse para a gerência.

O objetivo deste estudo é, através do Geomarketing, ajudar a gerência da loja em:

- Encontrar os fornecedores mais próximos de cada loja, o que resulta em um custo menor na aquisição das mercadorias.
- Fazer a segmentação dos clientes, através do acompanhamento e observação do seu comportamento. A justificativa é que as pessoas que vivem próximas, em geral, têm hábitos de consumo semelhantes. Isto possibilita usar, de forma mais eficiente, as técnicas de marketing de relacionamento, conseguindo alcançar o público alvo da loja.
- Encontrar as melhores rotas para a entrega de produtos.
- Encontrar a área de influência das lojas para definir estratégias de marketing que consigam manter ou aumentar a área de atuação.
- Encontrar regiões em que seja viável a instalação de novas lojas.

6.2 Dados Utilizados

O estudo de caso implementado se restringiu ao fornecimento de tintas. Assim sendo, os dados foram organizados da seguinte forma:

- Lojas de tintas da Casa da Borracha e outros fornecedores (lojas competidoras) - de um total de 4000 registros de fornecedores, foram utilizados 40 registros de lojas de tintas;
- Clientes - de um total de 7000 clientes da Casa da Borracha, foram utilizados cerca de 200 registros de compra de tintas.

Estas tabelas foram manipuladas no ArcView em formato DBF e os dados das lojas foram georreferenciados manualmente.

Os dados espaciais utilizados foram de dois tipos:

- Vias de Manaus em *shapefiles*.
- Mapas digitalizados como fundo.

Muitos dos campos que existiam nas tabelas de origem e que não eram necessários para o trabalho foram removidos para diminuir o espaço em disco e melhorar o desempenho das consultas.

A carta da cidade de Manaus foi scaneada, gerando uma imagem no formato TIF. Esta imagem foi georreferenciada para que pudesse estar compatível com os *shapefiles* utilizados. Este formato não possui uma grande resolução, impedindo o seu uso numa escala maior. Porém, ela pode ser empregada na confecção de um *layout*. Atualmente existem várias empresas que comercializam imagens de satélite de alta resolução, permitindo ao usuário visualizar detalhes como quadras e ruas de uma cidade. O alto custo na aquisição destas imagens é o principal fator inibidor no seu uso.

A implementação utilizou o modelo gravitacional de Reilly. Este modelo exige duas informações: a distância entre os pontos (no caso, lojas) e a população de cada ponto. Foi desenvolvido um script para fazer o cálculo da distância. Este mesmo script também faz o cálculo do ângulo para que seja possível o desenho das linhas entre estes pontos. Cada loja de fornecedores foi associada a um ponto. A *população* de cada ponto foi um atributo com valor inserido manualmente, de acordo com o porte de cada loja, numa escala definida de 0 (zero) a 100 (cem). Estes valores foram baseados no conhecimento prévio do local e do comércio. Aqui aparece a necessidade do especialista, pois quanto mais próximos da realidade estejam aqueles valores, mais confiável será o resultado gerado.

É importante comentar que a proposta inicial de Reilly utilizava o atributo população, pois o seu estudo se direcionava para a concorrência entre cidades. Foi realizada uma modificação no modelo para que este pudesse se adequar ao estudo de caso. O fato de usar o porte da loja não invalida a proposta inicial, pois é fácil perceber que, sob a mesmas condições, uma loja de porte maior tem um poder de atração dos consumidores maior em relação a uma loja de porte menor. Poderiam ser utilizadas outras características como: tamanho da loja, volume de vendas ou número de funcionários. A dificuldade maior em usar estes atributos se refere à aquisição destes dados, principalmente em relação aos concorrentes.

O esquema do banco de dados utilizado foi o seguinte:

Cliente (shape, objectid, nome, endereco, telefone)

Loja (shape, CGC, nome, endereco, telefone, responsavel)

Fornecedor (shape, CGC, nome, endereco, telefone, responsavel)

6.3 Arquitetura do Sistema

Um sistema computacional pode ser visto, de maneira simplificada, como uma transformação de dados usando o modelo de entrada-processamento-saída. A Figura 6.1 apresenta a arquitetura do protótipo.

A *interface* do protótipo é consistente com a *interface* do ArcView, o que proporciona maior familiaridade aos usuários, principalmente àqueles já acostumados a este tipo de ambiente. Ela é composta por três componentes: barra de ferramentas, menu e botões.

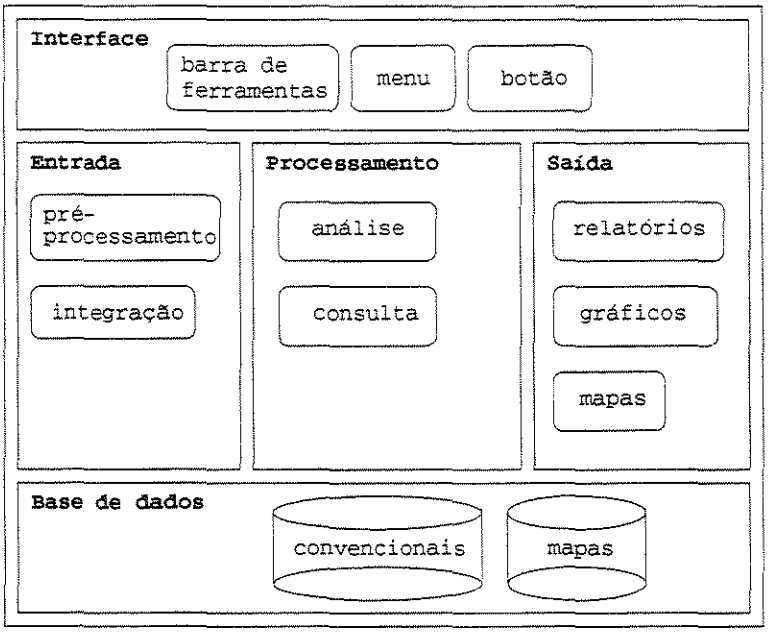

Figura 6.1: Arquitetura do Protótipo.

Para facilitar a interação do usuário com o módulo desenvolvido neste trabalho, existe sempre uma caixa de diálogo informando ao usuário o resultado esperado com a execução da tarefa e no rodapé da tela uma descrição da opção selecionada. Foi feito também o tratamento dos erros mais comuns.

A entrada de dados é coordenada pelo administrador do sistema, normalmente executada por um especialista em geoprocessamento. Ele tem a tarefa de fazer o tratamento inicial e a integração dos dados. A consistência dos dados, o georreferenciamento das imagens e a conversão de formatos de dados são exemplos de atividades deste profissional.

As consultas e as análises dos dados são executadas no módulo de processamento. O resultado destas consultas e análises são realizadas através de relatórios, gráficos e mapas. Os dados são armazenados em um banco de dados. No protótipo não foi utilizado nenhum SGBD, mas o ArcView permite fazer a conexão aos principais SGBDs do mercado.

6.3.1 Casos de Uso

O sistema foi analisado segundo casos de usos. De acordo com [BRJ99], casos de uso são um dos cinco diagramas da *Unified Modeling Language* (UML) que servem para modelar os aspectos dinâmicos e comportamentais de sistemas. Eles também são utilizados quando os requisitos do sistema não estão claros, se adequando bem à proposta do trabalho. A

Figura 6.2 apresenta um diagrama com os principais casos de uso do protótipo.

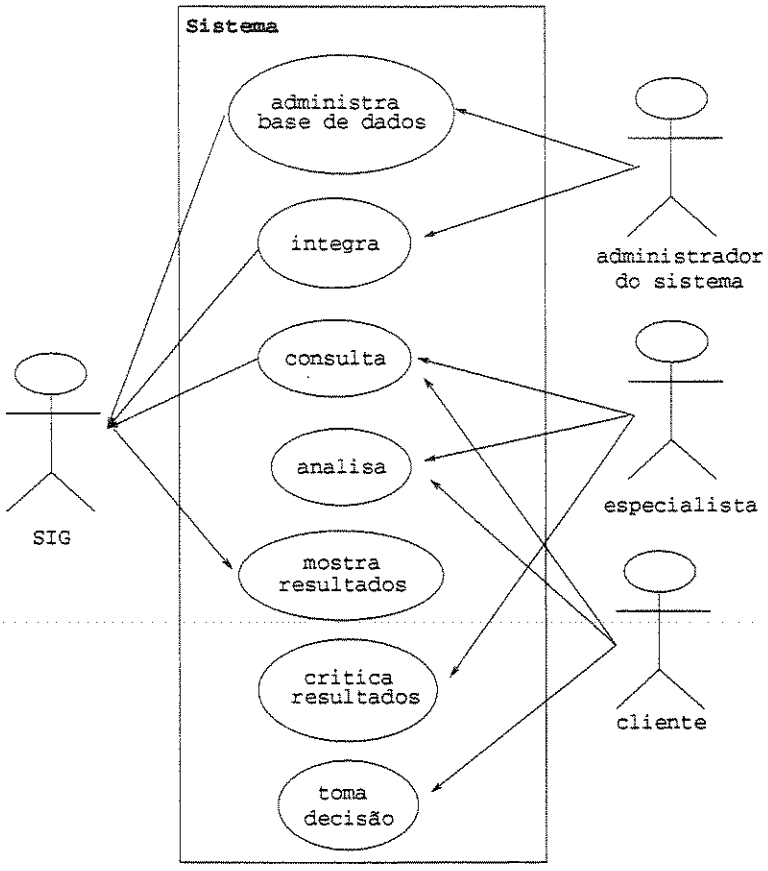

Figura 6.2: Principais casos de uso do sistema.

Foram identificados quatro atores:

- O administrador do sistema. Ele é o responsável pela operação e manutenção do SIG e do banco de dados. Para tanto, é necessário que o mesmo tenha conhecimentos de geoprocessamento para a correta manipulação dos aspectos específicos desta tecnologia.
- O especialista. Ele é o responsável por fazer a análise dos resultados e por avaliar os resultados obtidos. Este ator pode ser tanto um funcionário da empresa como, por exemplo, um gerente comercial ou uma empresa de consultoria.
- O cliente. Normalmente é a figura do dono ou do presidente da empresa contratante. É a pessoa que participará da análise da pesquisa, porém com a competência de tomada de decisão para ações posteriores.
- SIG. Atua como principal elemento de interação com os outros atores. Este é o responsável pelo armazenamento, processamento e visualização dos dados.

O ideal seria ter cada ator executando tarefas bem definidas. Porém, é muito comum, principalmente nas empresas de menor porte, a mesma pessoa desempenhando mais de um papel.

6.3.2 Projeto de *Interface*

A *interface* do protótipo foi projetada para facilitar a operação do usuário com o sistema, obedecendo aos preceitos discutidos na Tabela 5.1. Isto se torna relevante pela própria característica dos dados que são manipulados neste tipo de sistema, exigindo um prévio e mínimo conhecimento deste tipo de tecnologia por parte do usuário.

Por questão de familiaridade, foram mantidos os elementos já existentes da *interface* do ArcView, pois os usuários que já possuem alguma experiência com este SIG terão mais familiaridade na operação, através da interação com uma *interface* consistente. Além disto, foram adicionados botões e itens específicos à aplicação da Loja da Borracha.

Foram também criadas caixas de diálogos e mensagens de rodapé para orientar os usuários e para que estes se sintam mais confiantes no manuseio do sistema, diminuindo o risco de serem surpreendidos pelo seu comportamento.

6.4 Exemplo de uso da ferramenta

Esta seção apresenta um exemplo de uso dos conceitos teóricos estudados, aplicando as funcionalidades implementadas no protótipo.

A Figura 6.3 apresenta, em destaque, uma tela do ArcView com quatro temas, além do menu e dos botões que foram acrescentados. Três temas encontram-se selecionados: Estudo de Caso, Vias de Manaus e Bairros de Manaus. O último tema é de uma imagem da cidade de Manaus, mas como não fará parte do processamento, ele só será ativado no final, para efeitos de visualização. O cliente e o seus concorrentes são apresentados na tela.

O menu foi dividido em duas partes. A parte superior possui duas funcionalidades: a primeira gera um *shapefile* com os chamados pontos de indiferença e a segunda gera um *shapefile*, no formato de polígono, através da união dos pontos encontrados pela execução da função anterior. A parte inferior do menu contém algumas funcionalidades implementadas para facilitar a operação do protótipo como: adicionar as coordenadas de latitude e longitude na tabela de um *shapefile* no formato de pontos, converter as coordenadas geográficas em decimais e gravar na tabela do respectivo *shapefile*, entre outras.

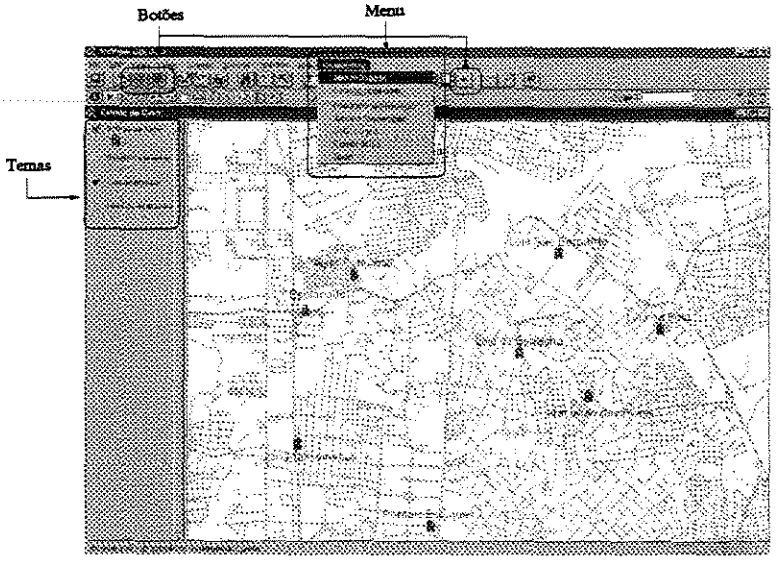

Figura 6.3: Exemplo de tela com temas utilizados e os itens implementados.

Considere agora a seguinte sessão de usuário. Inicialmente faz-se a seleção do ponto de interesse, no caso, a Loja da Borracha. É possível perceber que o ponto está selecionado porque fica em amarelo, diferenciado dos demais. Em seguida, clica-se em um botão (ícone ampliado na Figura 6.4) para solicitar o cálculo da distância e do ângulo do ponto de interesse em relação aos demais pontos concorrentes. Isto gera dois novos atributos na tabela associada ao Estudo de Caso, *Distance* e *Bearing*, referentes às distâncias e aos ângulos, respectivamente.

Figura 6.4: Script para o cálculo das distâncias e dos ângulos.

Em seguida, seleciona-se no menu Geomarketing a opção *Área de Atuação*. Aparecerá uma caixa de diálogo para que o usuário identifique a tabela que será processada. No caso, foi selecionada a mesma tabela que já possui os valores da distância e do ângulos, processada anteriormente. A Figura 6.5 apresenta esta opção.

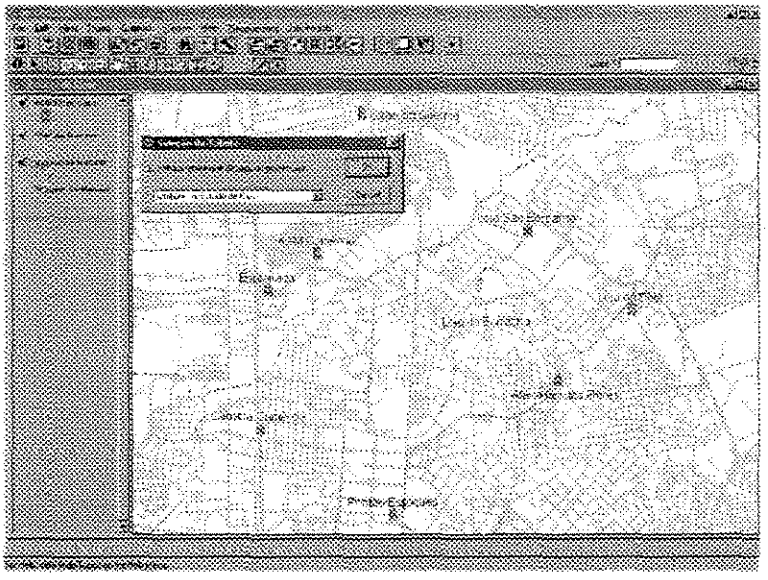

Figura 6.5: Aplicação do modelo estudado.

Após este processamento, é gerado um novo tema com os pontos de indiferença (pontos de corte) que representam os pontos neutros na fronteira das áreas de influência de cada estabelecimento. Utiliza-se o Modelo Gravitacional de Reilly para encontrar essa distância, usando a distância euclidiana. A Figura 6.6 apresenta o resultado deste processamento.

Após o encontro dos pontos de indiferença, pode-se fazer a união destes pontos a fim de encontrar um polígono com a área de influência da loja. Isto é feito através de uma opção do menu, conforme ilustra a Figura 6.7. Neste caso, foi gerado um novo tema (Área de Atuação). Também foi desenvolvido um script para gerar a área na forma de objetos geométricos gráficos.

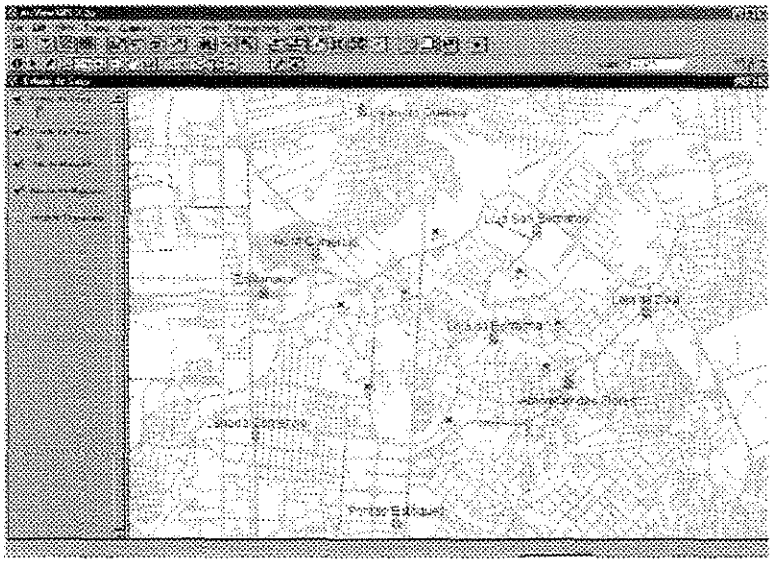

Figura 6.6: Geração do tema com os pontos de indiferença.

A partir da Figura 6.7 é possível visualizar a área de atuação da loja em relação aos demais concorrentes. Com esta informação, os gerentes da loja têm como planejar estratégias para aumentar a sua competitividade, seja através de um marketing direcionado, seja através do aumento da concorrência na região de fronteira ou mesmo através da instalação de uma nova loja na área em que os concorrentes têm o domínio.

A Figura 6.8 apresenta um aumento da escala para melhorar a visualização dos detalhes, tendo ao fundo a imagem da cidade de Manaus scaneada. Neste nível, é possível perceber as ruas e os bairros que estão sendo influenciados pela loja.

Uma das funcionalidades dos SIGs é a geração de mapas. A Figura 6.9 apresenta o resultado do processamento anterior em um arquivo que pode ser impresso. Este tipo de artefato tem sua importância principalmente nas reuniões em que várias pessoas devem observar os resultados para poderem tomar decisões.

Este exemplo de sessão mostra como o usuário pode analisar a área de influência de cada loja e encontrar fornecedores. As demais necessidades do usuário listadas na seção 6.2 podem ser igualmente realizadas, ou através do sistema desenvolvido ou usando o *Network Analyst* (para cálculo de rotas).

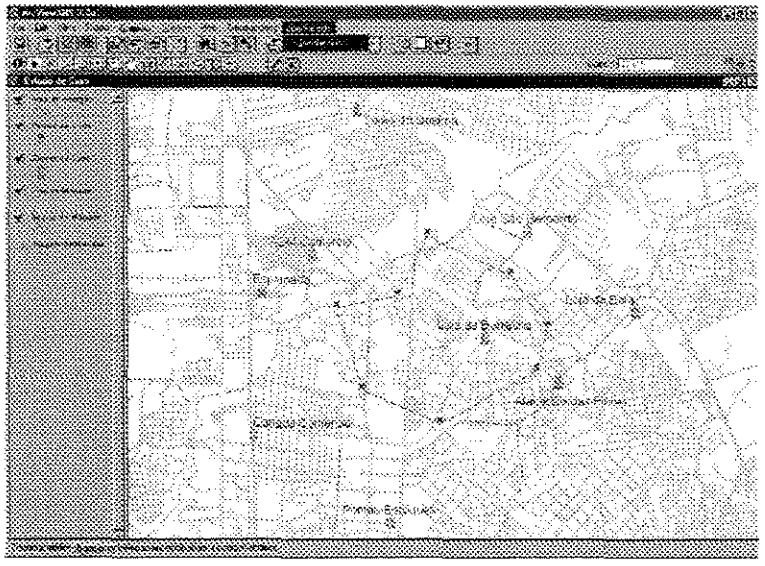

Figura 6.7: Geração do tema com a área de influência.

6.5 Conclusões

A formatação e o pré-processamento dos dados são responsáveis por uma significativa parte do tempo de desenvolvimento. Esta atividade inclui: uniformização e espacialização dos dados, além do georreferenciamento dos dados tabulares e das imagens. O fato de não existir ferramentas que automatizem este tipo de tarefa faz aumentar o custo de implantação e a possibilidade de erro. O reduzido número de publicações sobre as ferramentas utilizadas também é outra dificuldade no processo de desenvolvimento.

Este capítulo apresentou o estudo de caso e os dados que foram utilizados. Apresentou também a arquitetura do sistema e um exemplo de uso da ferramenta. A aplicação implementada utilizou o modelo de Reilly pelas razões expostas no Capítulo 3. A implementação adaptou o modelo, substituindo o conceito de *população* por um valor que representa o porte da loja. O próximo capítulo apresenta as conclusões e extensões deste trabalho.

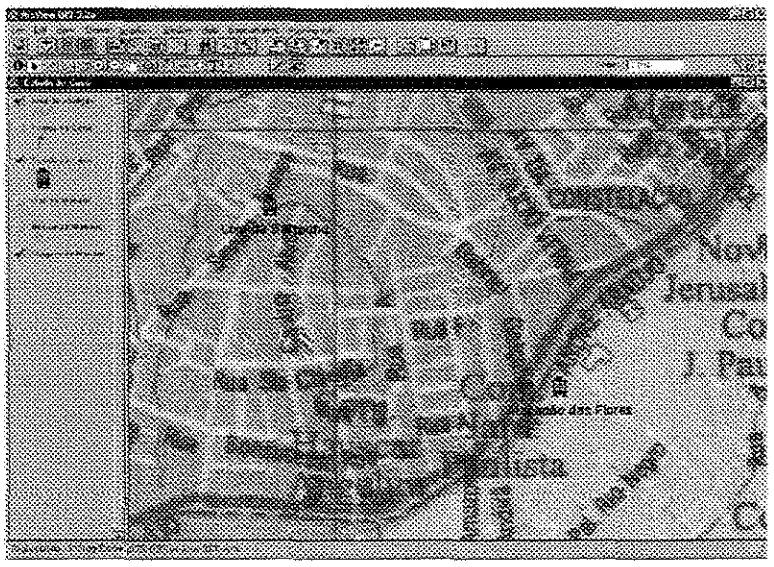

Figura 6.8: Uso de imagem como fundo.

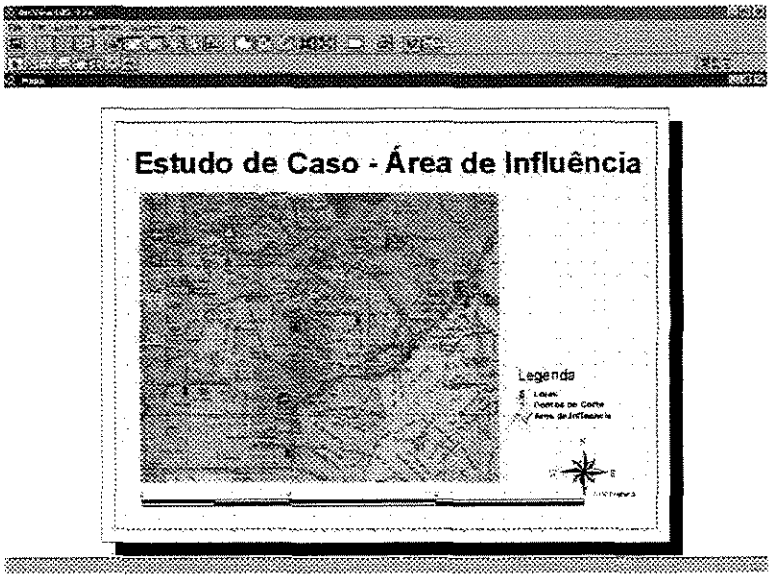

Figura 6.9: Exemplo de saída de um arquivo gráfico.

Capítulo 7

Conclusões e Extensões

7.1 Conclusões

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) vêm tendo uma significativa evolução nos últimos anos, tanto no meio acadêmico, através de pesquisas científicas, como no meio empresarial, através da disponibilização de um número maior de ferramentas aos usuários finais. Apesar disto, o número de publicações sobre o tema é precário, com poucas publicações no país. Por exemplo, foi possível constatar que são poucas e difíceis de serem obtidas as publicações sobre a linguagem de programação Avenue.

As ferramentas evoluíram bastante nos últimos anos, agregando diversas funcionalidades. Porém, percebe-se que ainda é reduzido o número de profissionais na área e que o custo de aquisição destas ferramentas é alto, ficando restrito somente às empresas de grande porte. Neste cenário, o desenvolvimento deste trabalho permitiu fazer um levantamento do assunto, através dos principais conceitos, servindo como referência para futuros trabalhos na área.

Uma área ainda mais recente e também carente de pesquisas e publicações é o geomarketing. Este trabalho fez um levantamento sobre o tema, através das publicações existentes e congressos, de maneira tornar possível fazer a definição do termo, apresentar as características e possibilidades de uso, além da seleção de dois modelos econômicos que pudessem ser aplicados.

Além do estudo teórico, foi desenvolvido um protótipo utilizando os modelos estudados. Isto permitiu fazer uma avaliação de uma ferramenta SIG, de determinados modelos econômicos e a integração destes modelos ao SIG estudado.

A aplicação dos modelos econômicos estudados serviu como indicador para tomadas de ações futuras. Porém, é importante comentar que de maneira alguma estas indicações servem como resultado final, pois é necessário um especialista para análise e interpretação destes resultados para uma tomada de decisão mais correta. O modelo gravitacional de

Reilly, adotado na implementação, precisou ser adaptado para o estudo de caso escolhido.

A indisponibilidade de dados e a falta de mapas digitais são fatores que dificultam a implementação de sistema de geomarketing. Para a sua obtenção é necessário a contratação de empresa especializada, o que aumenta o custo final. As pesquisas de mercado fornecem os dados que melhor representam a realidade do problema proposto. Com isso, seria possível, inclusive, fazer várias simulações com os dados obtidos.

Desta forma, as principais contribuições foram:

- Estudo geral do geomarketing, tanto do ponto de vista dos modelos econômicos adotados quanto das ferramentas de computação e geoprocessamento associadas.
- Análise de aspectos de Engenharia de *Software* necessários ao desenvolvimento de uma aplicação nesta área.
- Estudo de caso usando dados reais e sua implementação, mostrando a necessidade de adaptação de modelos e dados para fazer face às necessidades de uma aplicação.

7.2 Extensões

No desenvolvimento deste trabalho foi possível perceber algumas extensões, divididas aqui pelo seu caráter teórico ou prático.

Na parte teórica, poderiam ser pesquisados outros modelos econômicos, ou mesmo criadas heurísticas. O uso do tempo apoiado ao espaço permitiria acompanhar o comportamento dos modelos em relação à evolução dos negócios. Uma outra possibilidade, seria considerar a Internet como o novo ambiente de negócios.

Não foi objetivo deste trabalho tratar dos dados referentes à movimentação financeira da empresa, mas se estes dados tivessem sido repassados, poderiam ser utilizados para analisar, por exemplo: as regiões que mais consomem e as mais lucrativas; quais produtos são mais consumidos em determinada região ou quais vendedores têm conseguido melhor desempenho e em quais áreas.

Uma outra extensão seria levar em consideração fatores que podem interferir na atratividade mercadológica e que não foram examinados neste trabalho, como:

- Barreiras naturais e/ou estruturais: rios, lagos, topografia, rodovias, entre outros.
- Tempo de deslocamento para se chegar ao empreendimento (isócronas).
- Acesso e fluxo de veículos.
- Facilidade de estacionamento.

- *Layout* da loja.

Na parte prática, a implementação de outros modelos e de outros estudos de caso permitiriam confrontar e perceber o modelo que melhor soluciona determinados problemas. A automatização de um número maior de rotinas para agilizar e facilitar a operação do sistema pelos usuários finais é outro ponto que pode ser considerado em trabalhos futuros. Finalmente, será necessário georreferenciar mais dados para ampliar o escopo para outros tipos de negócios da própria Loja da Borracha.

Referências Bibliográficas

[Abl82] L. A. Q. Ablas. *A Teoria do Lugar Central: Bases Teóricas e Evidências Empíricas.* Instituto de Pesquisas Econômicas - Universidade de São Paulo, 1982.

[AF01] F. Aranha and S. Figoli. Geomarketing: Memórias de viagem. FGV-SP, 2001.

[Ale00] A. C. Alencar. Qualidade de dados em aplicações geográficas. Master's thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil, Março 2000.

[Aro91] S. Aronoff. *Geographic Information Systems: A Management Perspective.* WDL Publications, 1991.

[Bar00] C. R. H. Barra. *Geoprocessamento: Disciplina Transciplinar.* Edição do Autor, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, 2000.

[Boy78] R. R. Boyce. *The Bases of Economic Geography.* Holt Rinheart Winston, 2th edition, 1978.

[BRJ99] G. Booch, J. Rumbaugh, and I. Jacobson. *The Unified Modeling Language User Guide.* Addison Wesley Longman, Inc., 1999.

[Cav02] L.R.M.T. Cavalcante. Produção teórica em economia regional: Uma proposta de sistematização. Master's thesis, Universidade Federal da Bahia, 2002.

[Chr33] W. Christaller. *Die zentralen Orten in Suddeutschland.* Verlag, 1933.

[Chr83] N. R. Chrisman. The role of quality information in the long-term functioning of a gis. volume 1, pages 303–312. Auto-Carto 6, 1983.

[Chr96] N. Chrisman. *Exploring Geographic Information Systems.* John Willey & Sons, 1996.

[Câm95] G. Câmara. *Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Banco de Dados Geográficos.* PhD thesis, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 1995.

[CV60] B. Chinitz and R. Vernon. *Changing Forces in Industrial Location.* Harvard Business, 1960.

[Dav76] R. L. Davies. *Marketing Geography with Special Reference to Retailing.* Methuen & Co., New York, NY, 1976.

[Den99] B. D. Dent. *Cartography Thematic Map Design.* McGraw-Hill, 5th edition, 1999.

[DF95] D. Dorling and D. Fairbairn. *Mapping: Ways of Representing the World.* Addison Wesley, 1995.

[ea95] A. H. Robinson et al. *Elements of Cartography.* John Wiley Sons, Inc., 6th edition, 1995.

[ea96] G. Câmara et al. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.* Campus, Campinas, São Paulo, Brasil, 1996.

[Fil90] R. Melendez Filho. *Prototipação de Sistemas de Informações.* LTC Editora, 1990.

[HL95] W. E. Huxhold and A. G. Levinsohn. *Managing Geographic Information System Projects.* Oxford University Press, New York, 1995.

[Jol97] F. Joly. *A Cartografia.* Papirus, Campinas, São Paulo, Brasil, 1997.

[Klo98] P. Kloter. *Administração de Marketing: Análise, Planejamento, Implementação e Controle.* Atlas, São Paulo, Brasil, 5 edition, 1998.

[Lem82] R. A. S. Leme. *Contribuições à Teoria da Localização Industrial.* IPE-USP, São Paulo-SP, 1982.

[Lor03] L. A. N. Lorena. Análise espacial de redes com aplicações em sistemas de informação geográficas. http://www.lac.inpe.br/ lorena/producao, 2003. (consultado em 20/09/2003).

[LRB01] R. A. C. Lamparelli, J. V. Rocha, and E. Borghi. *Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: Fundamentos e Aplicações.* Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2001.

[MGR93] D. Maguire, M. Goodchild, and D. Rhind. *Geographical Information Systems - volume II - Applications.* John Wiley and Sons, 2th edition, 1993.

[OA99] T. Ormsby and J. Alvi. *Extending ArcView GIS: with Network Analyst, Spatial Analyst and 3D Analyst.* ESRI Press, 1999.

[Pre02] R. S. Pressman. *Software Engineering: A Practitioners Approach.* McGraw-Hill Science, 5th edition, 2002.

[Rei31] W. J. Reilly. *The Law of Retail Gravitation.* Knickerbocker Press, 1931.

[Sch02] O. R. M. Schmeiske. Geomarketing: O marketing no lugar certo. CD-ROM, Novembro 2002.

[Ser96] Esri Educational Services. *Introduction to Avenue.* Environmental Systems Research Institute, Inc., 1996.

[Sil99] A. B. Silva. *Sistemas de Informações Geo-referenciadas.* Editora da Unicamp, Campinas, São Paulo, Brasil, 1999.

[Som02] I. Sommerville. *Software Engineering.* Addison-Wesley Pub Co, 6th edition, 2002.

[Tag78] G. Tagliacarne. *Pesquisa de Mercado: Técnica e Prática.* Editora Atlas S.A., 2 edition, 1978.