

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

Adolfo Lino de Araújo

A TECNOLOGIA DA GEOINFORMAÇÃO COMO FERRAMENTA
PARA A MODERNIZAÇÃO DA GESTÃO MUNICIPAL EM CIDADES
DE PEQUENO PORTE

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, área de concentração Sistemas de Geoinformação, defendida e aprovada no dia 31/01/2003.

Orientadores: Prof^ª. Dr^ª. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá
Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco

Recife
2003

A662t **Araújo, Adolfo Lino de.**
A tecnologia da geoinformação como ferramenta para a modernização da
gestão municipal em cidades de pequeno porte / Adolfo Lino de Araújo. -
Recife : O Autor, 2003.
vii, 106 folhas : il.

Inclui bibliografia, figuras e anexos.

Dissertação (Mestrado). Centro de Tecnologia e Geociências da
Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2003.

Orientadores : Dra. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá, Dr. Admilson
da Penha Pacheco.

1. Sistemas de geoinformação e cadastro imobiliário – Engenharia
Cartográfica – Teses. - I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Engenheiro Civil **ADOLFO LINO DE ARAÚJO**

Título: **A Tecnologia da Geoinformação como Ferramenta para a Modernização da Gestão Municipal em Cidades de Pequeno Porte**

Defendida e aprovada em 31/01/2003
pela Comissão Julgadora:

Profa. Doutora **Lucilene Antunes Correia Marques de Sá (Orientadora)**

Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Doutora **Andrea Flávia Tenório Carneiro**

Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Doutor **José Afonso Gonçalves de Macedo**

Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Federal de Campina Grande

Profa. Doutora **Verônica Maria da Costa Romão**

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da
Geoinformação

Prof. Doutor **Anísio Brasileiro de F. Dourado**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Centro de Tecnologia e Geociências

DEDICATÓRIA

Sou um homem de muita sorte. Sorte, sim. Não de acontecimentos ocasionais, obras de um acaso ou destino irracional, que escolhe um indivíduo aleatoriamente e felicita-o com algum tipo de alegria passageira, fugaz.

Sou um homem de muita sorte. Tenho pais maravilhosos que me apoiaram sempre, mesmo quando nem merecia, e me deram todas as condições e incentivo para chegar onde cheguei, e ser o que sou.

Se isso não bastasse, tenho irmãs incríveis. Denise, Alcione, Abigail e Delane foram, em todas as fases de minha vida, pessoas em quem eu me espelhei e que foram sempre razão do meu crescimento.

Se isso ainda for pouco, existe Cassandra, minha noiva. Uma mulher surpreendente. Ela foi a primeira pessoa a me dar força quando pensei em estudar fora, mesmo sabendo que tudo seria mais difícil e que sofreríamos pelos longos dias distantes.

Se nada disso for suficiente, ainda assim me considero um homem de muitíssima sorte. Viajei entre Campina Grande, Recife e Sumé, pelos meus cálculos, em pouco mais de um ano e meio, cerca de 30.000 quilômetros (quase $\frac{3}{4}$ de volta na Terra!!) e nunca me aconteceu nenhum transtorno de maior importância.

E se nada disso tiver valor, eu ainda sou o homem mais sortudo do planeta. Conheci em Recife pessoas fantásticas. Professores e colegas que se revelaram verdadeiros pais e irmãos, amigos incondicionais, com os quais eu cresci intelectualmente e afetivamente. Alguns deles eu não posso deixar de citar abertamente: Lu, Ericka, Stela, Janice, Kleber, Karla.

Sou ou não sou um homem de muita sorte?

A todas essas pessoas que citei eu dedico o meu sucesso neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE pela contribuição que cada um deu durante as aulas, as discussões e a elaboração deste trabalho. Andréa Flávia, Ana Lúcia Candeias, Portugal, Verônica Romão, Tarcísio Ferreira e Carlos Schuler, por tudo.

Aos colegas mestrandos pelo companheirismo das horas de esforço coletivo e também de descontração.

Ao Professor Afonso Macedo da Universidade Federal de Campina Grande, que assinou minha carta de recomendação ao mestrado e que fez os contatos iniciais com a Prefeitura Municipal de Sumé.

À Prefeitura Municipal de Sumé, particularmente ao Prefeito Francisco Duarte Silva Neto, administrador idealista e de visão que proporcionou a realização deste trabalho com a cessão dos dados do Setor de Cadastro Imobiliário. Também aos funcionários das Secretarias de Administração e Finanças, pela atenção e solicitude durante o andamento da pesquisa.

Aos meus amigos Iana, João, Jonas e Márcio sou imensamente grato pelas ricas discussões e pelos anos de amizade e trabalhos.

A CAPES/Propesq pelo financiamento desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO E PALAVRAS-CHAVE	i
ABSTRACT AND KEYWORDS	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 – Objetivos da Pesquisa	2
1.1.1 – Objetivo Geral	2
1.1.2 – Objetivos Específicos	2
2. CARTOGRAFIA	3
2.1 – Conceitos Básicos	3
2.1.1 – Definição da Forma da Terra	3
2.1.2 – Sistemas de Referência	4
2.1.3 – Projeções Cartográficas	6
2.2 – Uma Breve Revisão Histórica	9
2.3 – Avanços Tecnológicos na Cartografia	12
2.3.1 – Sistemas de Geoinformação – SIG	14
2.3.1.1 – Componentes dos Sistemas de Geoinformação	18
2.3.1.2 – Coleta de Dados Espaciais	20
2.3.1.3 – Armazenamento de Dados Espaciais	21
2.3.2 – Aplicações de SIG ao Gerenciamento Urbano	25
3. ADMINISTRAÇÃO E PLANEJAMENTO DE MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE	29
3.1 – Funções do Cadastro Imobiliário Urbano	32
4. MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS	34

5. ÁREA DE ESTUDO	40
5.1 – Municípios de Pequeno Porte	40
5.2 – O Município de Sumé	41
6. MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS PARA DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	46
6.1 – Abstração do Mundo Real	46
6.1.1 – Caracterização do Setor de Cadastro da PMS	46
6.1.2 – Definição do Problema	48
6.1.3 – Função Principal do Sistema Desenvolvido	50
6.1.4 – Atuação do Sistema Desenvolvido	50
6.1.5 – Resumo do Sistema	51
6.1.6 – Restrições que Afetam o Sistema	51
6.2 – Elaboração do Modelo Conceitual	52
6.2.1 – Escopo do Sistema	52
6.2.2 – Diagramas de Contexto	53
6.2.3 – Diagramas de Fluxo de Dados – DFD	55
6.2.4 – Análise de Frequência de Frases – AFF	58
6.2.5 – Diagrama Entidade-Relacionamento – DER	59
6.2.6 – Diagrama de Domínio Espacial – DDE	59
6.2.7 – Modelo Evento-Resposta	60
6.2.8 – Lista dos Componentes do Sistema	61
6.2.9 – Descrição de Classes	61
6.2.10 – Descrição de Atributos	62
6.2.11 – Descrição de Serviços	65
6.2.12 – Descrição de Mensagens	67
6.3 – Implementação do Sistema	71
6.3.1 – Tratamento dos Dados Espaciais	72
6.3.2 – Programas Desenvolvidos	73
6.4 – Recursos Tecnológicos	78
6.4.1 – Equipamentos Computacionais	78
6.4.2 – Programas Computacionais	78
6.4.2.1 – CAD	78

6.4.2.2 – SGBD	81
6.4.2.3 – SIG	82
6.4.3 – Bases de Dados Espaciais	86
6.5 – Resultados da Pesquisa	87
6.5.1 – Estimativa do Investimento Financeiro para Implementação do Sistema Desenvolvido	94
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	97
7.1. Conclusões	97
7.1.1. Com Relação às Definições de SIG	97
7.1.2. Com Relação à Metodologia de Modelagem Empregada	99
7.1.3. Com relação à Viabilidade do Sistema	99
7.1.4. Com Relação à Utilização do SPRING	100
7.2. Recomendações	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS	
ANEXO 1 – Lista dos Componentes do Sistema	
ANEXO 2 – Rotina <i>exp_dxf12.dvb</i> em linguagem Visual Basic	
ANEXO 3 – Programa <i>listcent.lsp</i> em linguagem AutoLISP	
ANEXO 4 – Consulta <i>individualizar LOTE</i> em linguagem SQL	
ANEXO 5 – Programa <i>convert.f90</i> em linguagem Fortran	

RESUMO

ARAÚJO, Adolfo Lino de. **A Tecnologia da Geoinformação como Ferramenta para a Modernização da Gestão Municipal em Cidades de Pequeno Porte.** Recife, 2002. 106 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

A pesquisa teve como objetivo principal estudar questões relativas a gestão de cidades de pequeno porte, no sentido de analisar a necessidade e verificar a viabilidade da implantação de Tecnologias da Geoinformação para modernização dos setores de planejamento e finanças. Para tanto, foram empregados conceitos de Cartografia, com ênfase em Sistemas de Geoinformação – SIG, e Cadastro Imobiliário. O município pesquisado foi Sumé, localizado no semi-árido paraibano. Como resultados, foi desenvolvido um sistema aplicativo em SIG, tendo sido aplicada a metodologia de Modelagem de Dados Espaciais.

Palavras-chave: Sistemas de Geoinformação; Cadastro Imobiliário; Municípios de pequeno porte.

ABSTRACT

The main objective of this work is to study the town organization supposing Geoinformation Technology analyze to modernize the sectors of planning and financing. For this purpose are employed concepts of cartography with in Geographic Information Systems – GIS, and cadastre. The municipality researched is Sumé localized in Paraíba-BR. Results of Methodology are developed applying GIS with spatial modeling data.

Keywords: Geographic Information Systems; Cadastre; Small cities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre o Geóide e os Elipsóides	4
Figura 2 – Representação do Sistema de Coordenadas Geográficas	5
Figura 3 – Representação do Sistema Geocêntrico Terrestre	5
Figura 4 – Representação do Sistema de Coordenadas Planas	6
Figura 5 – Projeções Cartográficas Segundo a Superfície de Projeção	8
Figura 6 – Projeções Planas Segundo a Posição do Plano	8
Figura 7 – Projeções Planas Segundo o Ponto de Vista	9
Figura 8 – Projeções Cilíndricas Segundo a Posição da Superfície de Projeção	9
Figura 9 – O Mapa Encontrado nas Ruínas de Catal Hyük, Turquia	10
Figura 10 – Esquema dos Componentes dos SIG: Uma Visão Computacional	19
Figura 11 – Esquema dos Componentes dos SIG: Uma Visão Intermediária	19
Figura 12 – Esquema dos Componentes dos SIG: Uma Visão Organizacional	20
Figura 13 – Esquema de Representação Espacial da Estrutura Matricial	22
Figura 14 – Esquema de Representação Espacial da Estrutura Vetorial	23
Figura 15 – Componentes do DFD	36
Figura 16 – Componentes de um Diagrama de Contexto	37
Figura 17 – Componentes do DER	38
Figura 18 – Convenção de Representação Espacial do DDE	39
Figura 19 – Distribuição dos Municípios Paraibanos por Faixa de População	40
Figura 20 – Localização de Sumé em Relação a João Pessoa	41
Figura 21 – Municípios Limítrofes a Sumé	42
Figura 22 – Sub-Regiões Geográficas da Paraíba	42
Figura 23 – Meso-Regiões Geográficas Homogêneas do Estado da Paraíba	43
Figura 24 – Diagrama de Contexto Geral do Sistema	53
Figura 25 – Diagrama de Contexto do Subsistema Armazenamento	54
Figura 26 – Diagrama de Contexto do Subsistema Conversão	54
Figura 27 – Diagrama de Contexto do Subsistema Análise	54
Figura 28 – DFD do Subsistema Armazenamento	55
Figura 29 – DFD do Subsistema Conversão	56
Figura 30 – DFD do Subsistema Análise	57
Figura 31 – DER do Sistema	59
Figura 32 – DDE do Sistema	59

Figura 33 – Ligação entre Dados Gráficos e Descritivos no SPRING	72
Figura 34 – Arquivo de Saída do Programa listcent.LSP	75
Figura 35 – Botão da Barra de Ferramentas Personalizada no AutoCAD	76
Figura 36 – Arquivo de Saída do Programa convert.F90	77
Figura 37 – Botão da Barra de Ferramentas Personalizada no Access	77
Figura 38 – Área de Trabalho do AutoCAD	80
Figura 39 – Detalhe da Linha de Comando do AutoCAD	80
Figura 40 – Área de Trabalho do Microsoft Access	82
Figura 41 – Área de Trabalho do SPRING	83
Figura 42 – Representação Esquemática da Entrada de Dados Vetoriais no SPRING	85
Figura 43 – Representação Esquemática dos Arquivos ASCII do SPRING	86
Figura 44 – Inconsistências do Banco de Dados Quanto ao Nome de Proprietários	89
Figura 45 – Inconsistências do Banco de Dados Quanto ao Nome de Logradouros	89
Figura 46 – Visualização da Área Piloto Implementada no SPRING	90
Figura 47 – Consulta por Nome do Proprietário	90
Figura 48 – Consulta por Endereço	91
Figura 49 – Agrupamento por Tipo de Utilização do Lote	91
Figura 50 – Análise Topológica de Vizinhança	92
Figura 51 – Análise Topológica de Distância a um Lote	92
Figura 52 – Agrupamento por Tipo de Utilização do Lote no SPRINGWEB	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da AFF	58
Tabela 2 – Resultado do Modelo Evento-Resposta	60
Tabela 3 – Características dos Planos de Informação dos Arquivos Gráficos	87
Tabela 4 – Tabelas e Campos da Base de Dados Descritivos	87
Tabela 5 – Custos de Implementação do Sistema Modelado	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais Vantagens e Desvantagens das Estruturas Matricial e Vetorial	23
Quadro 2 – Dados Sobre o Município de Sumé-PB	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AFF	Análise de Frequência de Frases
AM/FM	Mapeamento Automatizado / Facilidades de Administração
BIC	Boletim de Informações Cadastrais
CAD	Computer Aided Design
CAIS	Cadastral Information System
CAM	Computer Aided Mapping
CEP	Código de Endereçamento Postal
CIATA	Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo das Municipalidades
CTM	Cadastro Técnico Municipal
DDE	Diagrama de Domínio Espacial
DER	Diagrama Entidade-Relacionamento
DFD	Diagrama de Fluxo de Dados
DXF	Drawing Exchange File
ERIS	Environmental Information System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ITBI	Imposto sobre Transferência de Bens Imobiliários
LIS	Land Information System
LRIS	Land and Resource Information Systems
NBR	Norma Brasileira
PI	Plano de Informação
PMS	Prefeitura Municipal de Sumé-PB
SERFHAU	Serviço Federal de Habitação e Urbanismo
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SI	Sistemas de Informação
SIG	Sistemas de Geoinformação
SQL	Structured Query Language
URIS	Urban Information System
WCS	World Coordinate System

1. INTRODUÇÃO

A Reforma Constitucional de 1988 foi um marco na História do Brasil. Entre outras mudanças profundas, sua promulgação promoveu os municípios à categoria de membros da Federação, compondo o que se denomina atualmente como as três esferas do Poder Executivo: a União, os Estados e os Municípios.

A Reforma transferiu a responsabilidade sobre o planejamento e execução de obras e serviços nas principais áreas de atenção constituídas na esfera do estado (saúde, educação, ordenamento do espaço urbano, trânsito e transporte coletivo, entre outros) para a Administração Pública Municipal. Assim, os municípios passaram a aplicar diretamente uma significativa parcela das receitas públicas, sendo os tributos arrecadados convertidos em obras e serviços oferecidos aos munícipes.

A pesquisa desenvolvida constatou que muitos municípios, à época e ainda hoje, não estão preparados para assumir inteiramente tais responsabilidades. Esse quadro é reforçado no universo dos municípios de pequeno porte, onde, na maioria dos casos, a falta de instrumentos eficientes de gestão e planejamento ocasionam baixos níveis de arrecadação de tributos e prestação de serviços à população.

A partir do ano de 2000, com o advento da Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar Nº 101), tornou-se imperioso para os administradores identificar as prioridades e destinar recursos de forma mais coerente. A Lei de Responsabilidade Fiscal têm impulsionado, desde então, muitas prefeituras a buscarem alternativas para a reorganização administrativa e técnica a fim de se adequar à nova realidade, o que garante atualidade ao tema pesquisado. Mais recentemente, novos instrumentos legais têm sido inseridos neste contexto reformulando antigos aspectos do Direito Fundiário e Urbanístico, como a Lei Federal Nº 10.257/01 e o Estatuto da Cidade, respectivamente.

Muitos trabalhos têm sido publicados no Brasil enfocando a utilização de Sistemas de Geoinformação – SIG – em empresas públicas, incluindo as prefeituras. Estes estudos, em sua maioria, limitam-se a abordar as prefeituras de médio e

grande porte, sob a justificativa de que os altos custos envolvidos na implantação do SIG inviabilizam o investimento para as de pequeno porte. O estudo desenvolvido visa avaliar a necessidade e a viabilidade da inserção do SIG na gestão em prefeituras de pequeno porte, tanto técnica quanto financeira.

A contribuição científica da pesquisa reside no seu perfil multidisciplinar, que envolveu a Engenharia e a Administração Pública. É ainda acentuada pela utilização de um método de modelagem de dados espaciais baseado em duas técnicas de análise de sistemas – estruturada e orientada a objetos –, e pela utilização de fontes adequadas de informação.

O estudo apresenta componentes dos SIG, discutindo a sua utilização voltada para aplicações municipais. Aborda a modelagem de um sistema aplicativo baseado em SIG, onde o objetivo é a modernização dos procedimentos administrativos de gestão e planejamento em prefeituras de pequeno porte. Em síntese, verifica-se através dos resultados a viabilidade de utilização de Sistemas de Geoinformação como instrumento para a modernização da administração em prefeitura de pequeno porte.

1.1 – Objetivos da Pesquisa

1.1.1 – Objetivo Geral

Disseminar o uso de tecnologias de geoinformação em cidades de pequeno porte.

1.1.2 – Objetivos Específicos

- Empregar a modelagem de dados espaciais na formulação da base de dados espaciais;
- Elaborar um sistema aplicativo baseado em SIG que seja viável para a gestão de cidades de pequeno porte;
- Validar o modelo físico.

2. CARTOGRAFIA

2.1 – Conceitos Básicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi necessário recorrer a alguns conceitos básicos da Ciência Cartográfica. Neste item são apresentados conceitos relativos a definição da forma da Terra, sistemas de referência e projeções cartográficas.

2.1.1 – Definição da Forma da Terra

A definição de posições sobre a superfície da Terra implica em tratar essa mesma superfície matematicamente. Para a Geodésia, ciência que se preocupa em estudar a forma da Terra e seu campo de gravidade, a melhor representação da Terra é o geóide, que pode ser entendido como a superfície equipotencial do campo de gravidade terrestre que mais se aproxima do nível médio dos mares RAISZ (1959). Entretanto, a utilização do geóide como superfície matemática de referência esbarra em dois problemas: o conhecimento limitado do campo gravitacional terrestre e a complexidade em descrevê-lo matematicamente. Dessa forma, a Cartografia se vale de outras superfícies aproximadas, como o elipsóide de revolução, aceito pela Geodésia.

Um elipsóide de revolução é definido pelo seu semi-eixo maior e pelo achatamento. Para representar a superfície terrestre o semi-eixo maior coincide com o raio equatorial e o achatamento se dá nos pólos. O eixo de revolução coincide com o eixo de rotação da Terra.

O elipsóide de revolução é um dos elementos que compõe um *datum* planimétrico. O outro elemento é um ponto no qual o elipsóide e a Terra são tangentes. O elipsóide de referência é definido segundo critérios geodésicos de adequação ou conformidade à região terrestre a ser mapeada. O posicionamento desse elipsóide é realizado com a escolha de um ponto central – a origem – para um país ou região, onde o desvio da vertical é anulado. O desvio da vertical é o ângulo formado entre a vertical do lugar da origem e a normal à superfície do elipsóide. O

datum planimétrico é formalmente definido, portanto, por cinco parâmetros: o raio equatorial e o achatamento elipsoidais, e os componentes de um vetor de translação (Δx , Δy e Δz) entre o centro da Terra (ou de um outro elipsóide tomado como referência) e o do elipsóide.

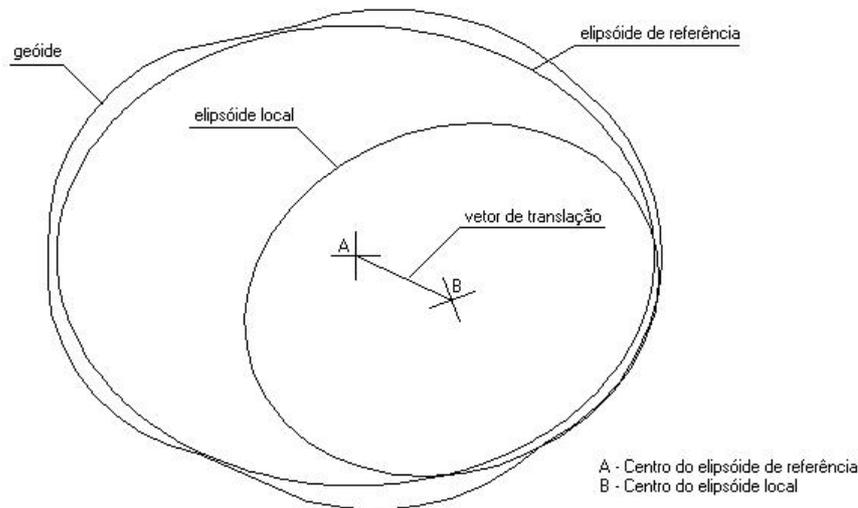


Figura 1 – Relação entre o Geóide e os Elipsóides.

2.1.2 – Sistemas de Referência

O problema fundamental da Cartografia compreende o estabelecimento de um sistema de coordenadas sobre a Terra, de maneira que cada ponto de sua superfície possa ser relacionado a esse sistema.

Os gregos lançaram as bases dos meridianos e paralelos e criaram o sistema de coordenadas geográficas: latitudes e longitudes. Latitude é a distância angular entre um ponto na superfície terrestre e o plano do Equador, contada sobre o plano do meridiano que passa no lugar. Longitude é a distância angular entre um ponto na superfície terrestre e o meridiano de origem, contada sobre um plano paralelo ao Equador. Desse modo, a localização dos pontos da superfície da Terra é determinada pelo cruzamento de um paralelo e um meridiano, ou, em outras palavras, por sua latitude e longitude.

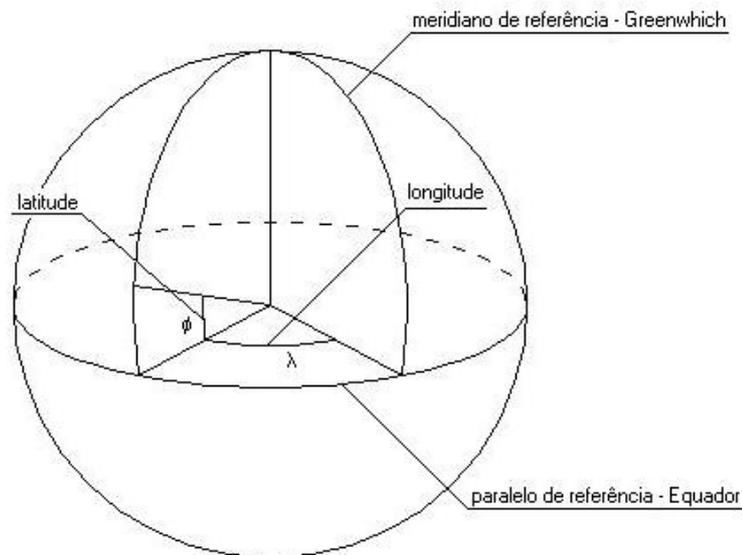


Figura 2 – Representação do Sistema de Coordenadas Geográficas.

O Sistema Geocêntrico Terrestre é um sistema cartesiano tridimensional com origem no centro da Terra, um eixo coincidente com o eixo de rotação da Terra, e outros dois eixos perpendiculares a este. É através do Sistema Geocêntrico Terrestre que são feitas as transformações de coordenadas geográficas de um *datum* planimétrico para outro.

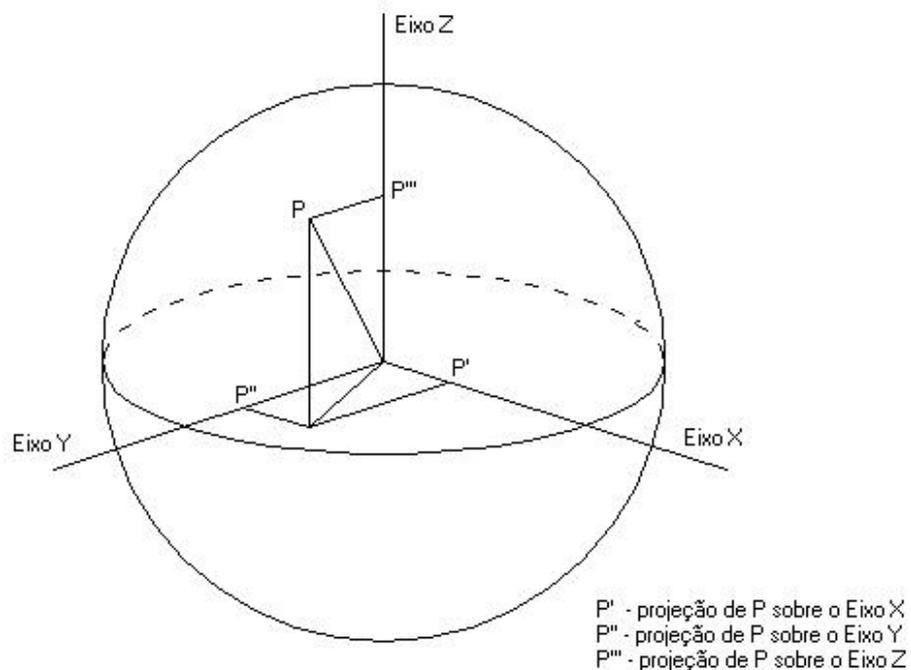


Figura 3 – Representação do Sistema Geocêntrico Terrestre.

Em outro sistema de coordenadas também utilizado em Cartografia, não se representam os meridianos e paralelos, mas, eixos coordenados retangulares; Nesse caso, os pontos da superfície da Terra são determinados por coordenadas planas retangulares x e y , que são números reais equivalentes às projeções dos pontos situados na superfície terrestre sobre um eixo horizontal e um vertical, respectivamente. Esse sistema de coordenadas é naturalmente usado na representação da superfície em um plano. As coordenadas são relacionadas matematicamente às coordenadas geográficas, de maneira que podem ser efetuadas conversões entre os sistemas de coordenadas. A Figura 4 mostra a representação de um sistema de coordenadas planas.

Os sistemas de coordenadas polares também são empregados para representar a localização dos pontos na superfície da Terra. Correspondem, por exemplo, às coordenadas locais horizontais: azimute e distância, que podem ser relacionadas às coordenadas geográficas e retangulares, através de formulação matemática.

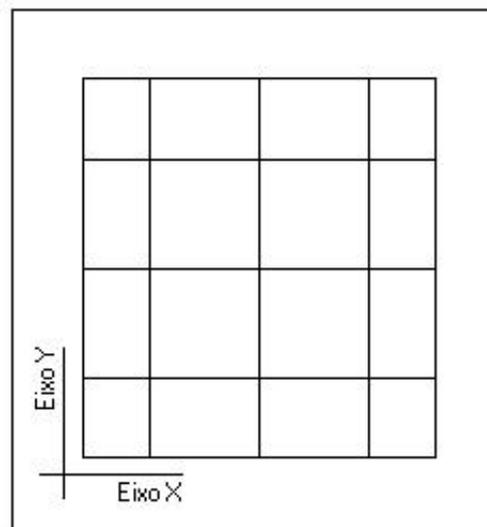


Figura 4 – Representação do Sistema de Coordenadas Planas.

2.1.3 – Projeções Cartográficas

As projeções cartográficas são ferramentas utilizadas na Cartografia para representar a superfície curva sobre o plano, com um mínimo de distorção. Pode-se

definir as projeções cartográficas como funções matemáticas que relacionam pontos de uma superfície, dita de referência (esfera ou elipsóide), a uma superfície dita de projeção (plana). Há sistemas que se adequam melhor que outros a determinadas finalidades ou que oferecem a vantagem de uma construção mais simples e rápida. Nenhum, porém, é capaz de oferecer uma representação exata da superfície terrestre, sem distorções. Desta forma, foram desenvolvidas projeções cartográficas que **privilegiam** um tipo de informação em detrimento de outra. As características básicas que norteiam a escolha das projeções cartográficas são a localização da superfície a ser representada, as distâncias extraídas diretamente do mapa, as direções e as áreas. A decisão de se adotar uma determinada projeção cartográfica deverá levar em consideração ainda: a localização, a forma e as dimensões da região, e, evidentemente, a finalidade do trabalho.

Cada tipo de projeção preserva algumas propriedades da região representada em detrimento de outras. As projeções **conformes** preservam as formas de qualquer parte da Terra, desde que a extensão não seja grande. As projeções que preservam a extensão da área da superfície terrestre são chamadas **equivalentes**. As projeções que preservam as proporções entre as distâncias são chamadas Eqüidistantes. Por fim, as projeções que conservam as direções são chamadas Azimutais. É importante destacar que as projeções Eqüidistantes e Azimutais não preservam suas propriedades em toda a extensão do mapa, mas apenas em alguns pontos ou linhas.

Quanto ao método de construção, os sistemas de projeção classificam-se em Geométricos ou Analíticos. Os primeiros baseiam-se em princípios projetivos geométricos; os segundos, perderam o sentido geométrico propriamente dito, em consequência da introdução de leis matemáticas, visando preservar determinada característica. A maioria dos sistemas de projeção cartográfica é analítica.

Conforme BAKKER (1965), os sistemas de projeção ainda podem ser classificados segundo a superfície de projeção adotada em planas, cilíndricas e cônicas (Figura 5). A projeção plana projeta a superfície terrestre em um plano que corta o globo. Este tipo de projeção só permite ver parte da Terra (Figura 5a). De acordo com a posição do plano a projeção pode ser polar, equatorial ou oblíqua,

também chamada horizontal (Figura 6). A projeção plana ainda pode ser classificada segundo o ponto de vista em gnomônica, estereográfica ou ortográfica (Figura 7).

As projeções cilíndricas mostram a totalidade da informação terrestre em uma superfície contínua (Figura 5b). Nesta projeção os meridianos são retas verticais eqüidistantes e os paralelos são perpendiculares aos meridianos. A distância entre os paralelos aumenta à medida em que se aproximam dos pólos. Segundo a posição que o cilindro ocupa a projeção pode ser classificada em normal, secante, transversa e oblíqua (Figura 8).

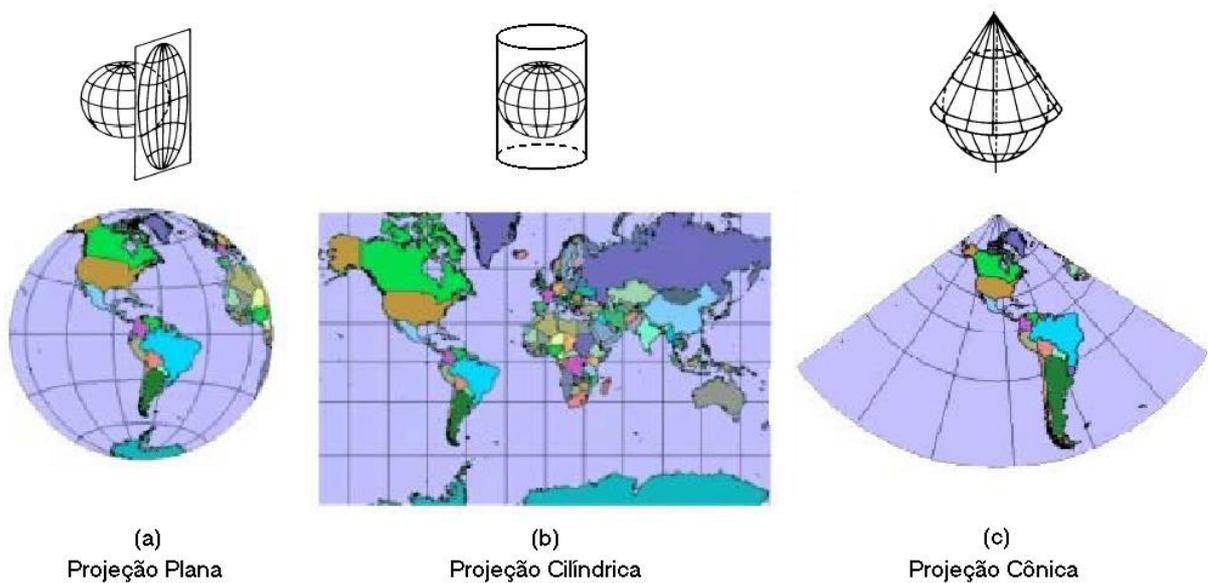


Figura 5 – Projeções Cartográficas Segundo a Superfície de Projeção.

Fonte: Adaptado de FRASSIA (2001).

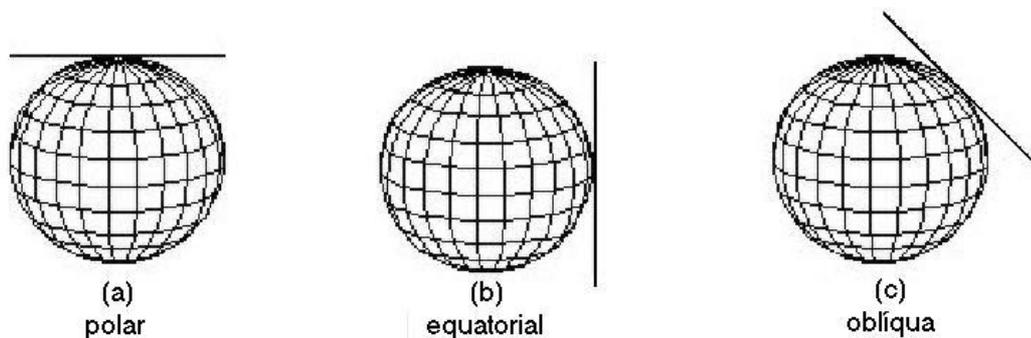


Figura 6 – Projeções Planas Segundo a Posição do Plano.

Fonte: Adaptado de FRASSIA (2001).

As projeções cônicas caracterizam-se por apresentarem paralelos circulares e meridianos radiais (Figura 5c). Nestas projeções, as dimensões são verdadeiras sobre o paralelo tangente à superfície de projeção e sobre os meridianos.

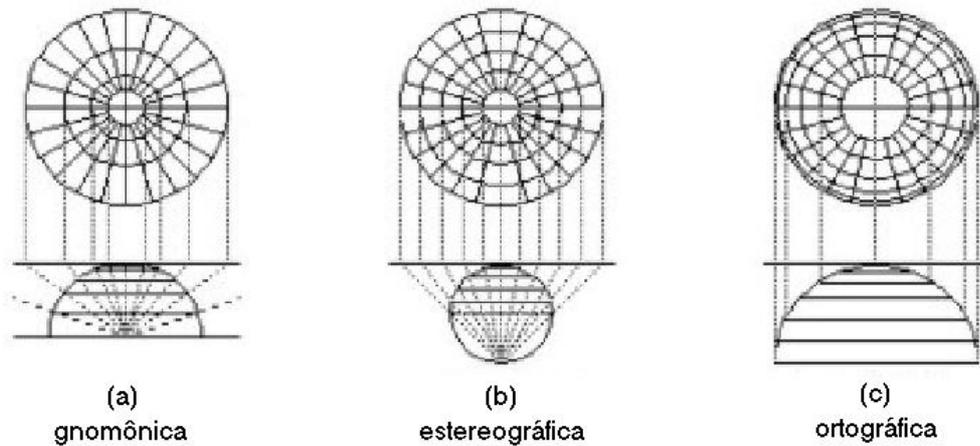


Figura 7 – Projeções Planas Segundo o Ponto de Vista.

Fonte: Adaptado de FRASSIA (2001).

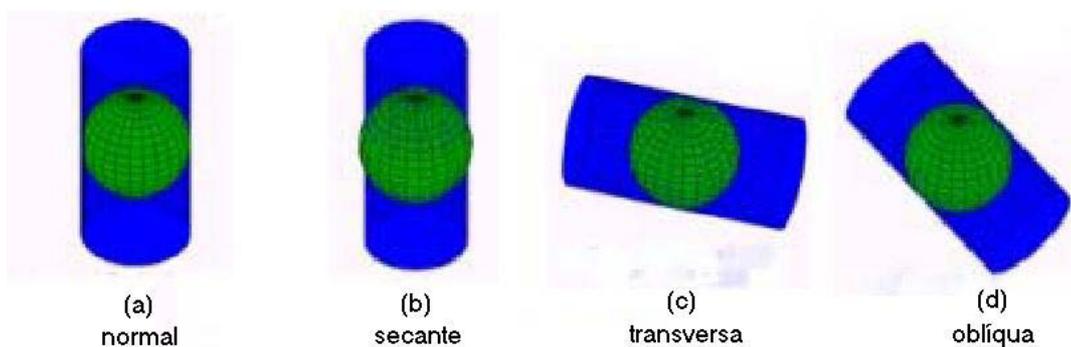


Figura 8 – Projeções Cilíndricas Segundo a Posição da Superfície de Projeção.

Fonte: Adaptado de FRASSIA (2001).

2.2 – Uma Breve Revisão Histórica

Desde as mais remotas épocas, obedecendo a instintos próprios de exploração e dominação, o homem preocupa-se com o ambiente que o cerca. Ainda antes das grandes civilizações que povoaram o mundo, tais instintos eram responsáveis por impulsionar o ser humano a descobrir como e quando conseguir

suprimentos que garantiriam sua subsistência. Mas, além disso, era preciso saber também onde conseguí-los.

Entre as cenas gravadas em pinturas rupestres estão os registros da vida cotidiana desse homem – seus feitos, atividades, descobertas – que lhe serviam de registro e referência, podendo também servir às gerações futuras daqueles pequenos grupos. É possível que tais pinturas registrassem os lugares ou as orientações de onde se conseguir os elementos de subsistência (comida, água e proteção). Por volta de 6200 aC em Catal Hyük, na Anatólia, uma pintura na parede foi feita descrevendo as posições das ruas e casas da cidade junto com as feições topográficas locais, como o vulcão próximo à cidade (Figura 9). A pintura na parede foi descoberta em 1963, próxima à atual Ankara, na Turquia. A questão espacial, portanto, têm sido preponderante para a humanidade desde muito antes do que se pode imaginar (STEWART, 1980).

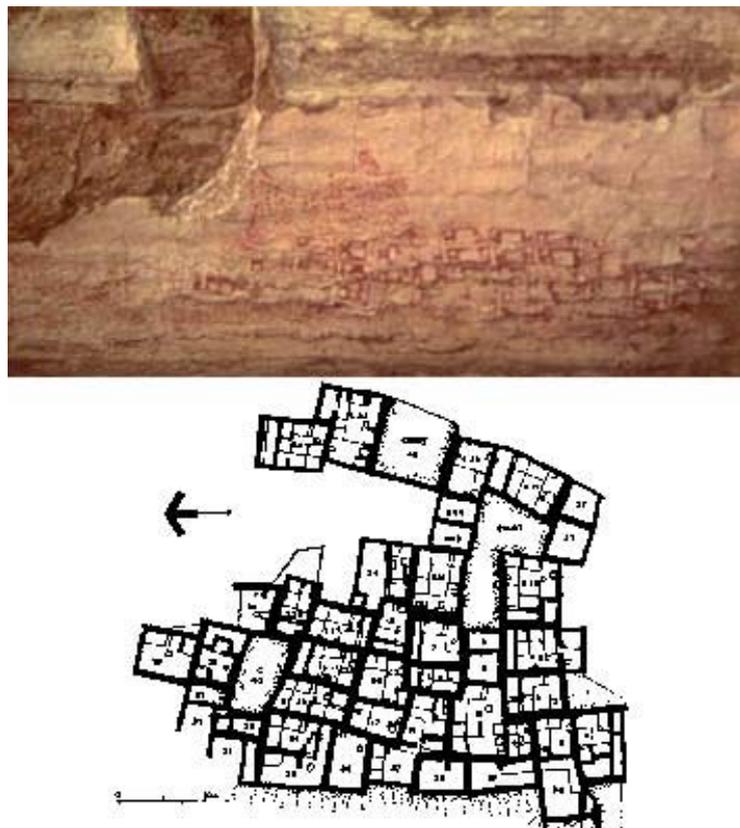


Figura 9 – O Mapa Encontrado nas Ruínas de Catal Hyük, Turquia.

Fonte: STEWARD (1980).

RAISZ (1959) afirma que vários povos primitivos que não chegaram a conhecer ou empregar a escrita foram muito habilidosos em traçar mapas. Portanto, deduz-se desse fato, comprovado por exploradores e viajantes, que a confecção de mapas precedeu à escrita.

O desenvolvimento da Cartografia, desde épocas remotas até os dias de hoje, acompanhou o próprio progresso da civilização, tendo aparecido, segundo BAKKER (1965), no seu estágio mais elementar, com as populações nômades da antiguidade, sob a forma de mapas itinerários.

Todas as grandes civilizações do passado contribuíram para o avanço da Cartografia. Deve-se aos povos babilônicos um dos mapas mais antigos conhecidos, encontrado nas ruínas de Ga Sur. Uma pequena placa de barro que representava um vale ao longo do Rio Eufrates. Esta relíquia foi datada de 4500 a.C. Aos babilônios também se deve a divisão do círculo em graus, já que esse povo utilizava um sistema numérico de base 12, que é o precursor da divisão do círculo em 360°, do grau em 60 minutos e dos minutos em 60 segundos (RAISZ, 1959).

Egípcios, chineses, astecas, entre outros, apresentaram avanços no que diz respeito à confecção de mapas e medição de terrenos, mas foram os gregos que, indubitavelmente, deram as maiores contribuições à Cartografia enquanto ciência. Pode-se citar o mapa de Anaximandro de Mileto (611-546 a.C.), mais de 500 a.C., que é datado como o mapa grego mais antigo e o feito histórico de Eratóstenes de Cirene (276-196 a.C.) que mediu a circunferência da Terra cerca de 250 anos a.C. com precisão que só foi superada muitos séculos mais tarde. O astrônomo e matemático Ptolomeu (90-180 d.C.) em sua obra *Geografia*, composta de oito volumes, escreveu um verdadeiro tratado sobre construção de globos, técnicas de projeção de mapas e métodos de observação astronômica. A obra contemplou o apogeu da cartografia grega, e influenciou a Cartografia e a Geografia até o Renascimento (RAISZ, 1959; BAKKER, 1965).

Na linha do tempo, os mapas têm sido instrumentos usados para guardar informação da superfície da Terra. Navegadores, exploradores e militares usaram mapas para exibir a distribuição espacial de feições geográficas importantes.

Agrimensura e Cartografia constituíram-se em atividades relevantes para o Império Romano. A decadência do Império Romano levou tais atividades ao declínio (ARONOFF, 1989; BURROUGH, 1986).

Apenas no Século XVIII as atividades de agrimensura e mapeamento voltaram a ser empregadas com o valor devido. Na Europa, vários governos reconheceram a importância do mapeamento sistemático de seus territórios. Agências estatais foram constituídas objetivando elaborar mapas topográficos de países inteiros.

Durante o Século XIX, com o avanço das ciências e das técnicas industriais, os equipamentos e métodos de mapeamento tornaram-se gradativamente mais precisos e usuais. Surgiram também aplicações para novos aspectos a serem mapeados, além das feições topográficas. Os mapas específicos para esses novos aspectos foram chamados temáticos, já que continham informação sobre determinado assunto ou tema.

Com o surgimento de novas tecnologias no Século XX, nomeadamente Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, a demanda por mapas cresceu rapidamente. As novas tecnologias permitiram o mapeamento de grandes áreas de forma mais precisa e rápida. A informação sobre o espaço físico e seus componentes passou a ser gerada mais rápido do que podia ser analisada (ARONOFF, 1989). Portanto, ainda faltavam ser desenvolvidos estudos matemáticos apropriados para descrever adequadamente a variação espacial (BURROUGH, 1986).

Os primeiros passos para o desenvolvimento de matemática apropriada para a resolução de problemas espaciais só veio nas décadas de 30 e 40 do Século XX, em paralelo com os desenvolvimentos dos métodos estatísticos e da análise de séries temporais (BURROUGH e McDONNELL, 1998).

2.3 – Avanços Tecnológicos na Cartografia

A partir dos anos 60, com o advento das Ciências da Computação e o desenvolvimento na Eletrônica, foram dados os primeiros passos para a elaboração de sistemas de análise que aplicavam métodos lógicos e numéricos de modelagem espacial (BURROUGH, 1986). O surgimento dos computadores foi realmente o impulso decisivo para o progresso da ciência e da tecnologia. A capacidade de cálculo dos primeiros computadores, mesmo que reduzida em relação aos dias atuais, permitia aos cientistas realizar operações matemáticas volumosas em um curto espaço de tempo. O fator computacional favorece enormemente os processos de análise espacial, cujas bases de dados são normalmente volumosas e complexas.

Até então, todos os tipos de documentos cartográficos possuíam um ponto em comum: eram gerados apenas em papel ou filme, sendo sua leitura restrita à interpretação visual (ARONOFF, 1989; BURROUGH, 1986; BURROUGH e McDONNELL, 1998; ROBINSON et al., 1995; SÁ e SILVA, 1998). A representação gráfica das entidades topográficas era composta por uma seqüência de traços, símbolos e toponímia, e codificada por artifícios visuais como símbolos, cores e hachuras, cuja explicação constava na legenda, permitindo, com isto, a dedução do conteúdo de forma lógica, intuitiva e particular.

Os documentos cartográficos em meio analógico geravam importantes conseqüências para os processos de coleta, codificação e uso das informações registradas. Entre as principais podem ser apontadas (ARONOFF, 1989; BURROUGH, 1986; entre outros):

- i. a quantidade original de dados espaciais deveria ser reduzida em volume, de acordo com a escala, em alguns casos sendo necessário classificar e empregar símbolos, de forma que a representação cartográfica se tornasse compreensível. Como resultado, muitos detalhes locais eram filtrados e perdidos;
- ii. os documentos cartográficos deviam ser construídos com extrema acurácia e a representação tinha que ser muito clara;
- iii. áreas muito grandes, em relação à escala adotada, tinham que ser representadas em várias folhas, tornando-se muito comum ocorrer problemas de continuidade de feições com a combinação posterior dessas folhas;

- iv. dificuldade ao combinar os dados relativos a diferentes documentos cartográficos; e
- v. o documento cartográfico impresso em papel é estático, ou seja, é uma representação de determinado evento que ocorre no espaço físico-territorial em uma época definida. A atualização, quando necessária, implica na execução de um novo mapeamento.

Os benefícios que as Ciências da Computação trouxeram para a Cartografia estiveram limitados, inicialmente, à execução dos pesados cálculos necessários ao ajustamento e à obtenção de coordenadas dos pontos de referência. Posteriormente, passou a auxiliar na aerotriangulação, seguindo para automação da restituição e a geração do produto final, o original cartográfico.

2.3.1 – Sistemas de Geoinformação – SIG

A evolução tecnológica incorporada pela Cartografia possibilitou, além da produção de documentos cartográficos em mídia magnética, a seleção de conjuntos de dados em planos de informação. Na Cartografia Temática eram desenvolvidas as análises espaciais, de maneira rudimentar, com sobreposição de documentos cartográficos em material transparente, separados por temas, os *overlays*. A conjugação da nova forma de geração dos documentos cartográficos com a metodologia de análise espacial foi transposta para o computador. O surgimento dos SIG permitiu unir os esforços da Cartografia com a análise espacial, aproximando disciplinas diversas (BURROUGH, 1986).

Para CASTLE (1993), muitas disciplinas têm contribuído, e se beneficiado, dos conceitos, tecnologias e aplicações em SIG. Entre estas, destacam-se a geografia, agrimensura, geodésia, fotogrametria, sensoriamento remoto, geologia, engenharia civil, arquitetura, hidrologia, engenharia elétrica, engenharia de sistemas, ciências da computação, estatística, administração privada e pública, entre outras.

Como consequência dessa diversidade de interesses e usos, algumas definições ligadas aos SIG parecem, ao menos em primeira instância, divergentes. Para BURROUGH e McDONNELL (1998), existem três grandes categorias de

definições de SIG: as baseadas em ferramentas, baseadas em bancos de dados ou organizacionais.

Na primeira categoria, das definições baseadas em ferramentas, os autores costumam referir-se aos SIG como sendo um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de usos (BURROUGH, 1986; HUXHOLD, 1991; KORTE, 1992).

Na segunda categoria, baseada em bancos de dados, encontram-se definições que refletem a idéia de SIG como um conjunto de procedimentos manuais ou computacionais usado para armazenar, gerenciar e manipular bases de dados referenciadas geograficamente (ARONOFF, 1989; INTERA TYDAC, 1991).

Na terceira categoria, das definições organizacionais, autores diversos apontam os SIG como sendo sistemas de suporte à decisão que envolvem integração de dados espaciais. Neste processo, recursos técnicos e humanos são combinados aos procedimentos organizacionais para produzir informações de apoio ao gerenciamento (DALE e McLAUGHLIN, 1990; ROBINSON et al., 1995; WILLIAMSON, 2000).

Outros autores, como CASTLE (1993) e TAYLOR (1991), afirmam que não há definição universalmente aceita de SIG. Para estes autores, as definições de SIG são mais abrangentes e envolvem características estruturais (de que é composto um SIG) e funcionais (o que um SIG faz). Nessa perspectiva, os SIG são apontados como um conjunto de programas computacionais, equipamentos e periféricos para capturar, armazenar, integrar, manipular, analisar e exibir dados espacialmente referenciados.

Em geral, quando se abordam definições de SIG, não há discordância quanto à individualidade gerada pelo prefixo “Geo” concatenado ao vocábulo “Informação”. A abrangência dada aos Sistemas de Informações (SI) pela ação desse prefixo, pode ser resumida em três pontos, pelo menos:

- i. no posicionamento espacial desse dado pela utilização de um sistema de referência, um sistema de coordenadas e o emprego de um sistema de projeção cartográfica;
- ii. na integração desses dados espaciais (que podem ser originados de diferentes fontes, formatos, épocas, escalas, e sistemas de referência, coordenadas e projeção); e
- iii. na capacidade de desenvolver análise espacial com esses dados espaciais integrados.

Essas características são o ponto-chave que diferencia o SIG de outros sistemas.

Para BURROUGH (1986), o dado espacial é composto pelos dados gráficos e descritivos, possuindo quatro componentes para descrever os objetos que compõem o mundo real: a posição geográfica, os atributos, as relações espaciais e o tempo. ARONOFF (1989), LANGRAN (1992), GREGORY (2002), MEDEIROS e BOTELHO (1996), no que se refere a componente temporal ao dado espacial, ressaltam que essa é a mais complexa entre todas as outras, e concordam que, geralmente não é tratada de maneira adequada.

As quatro componentes dos dados espaciais respondem, respectivamente, a quatro questões básicas em relação aos objetos do mundo real: Onde está? O que é? Que relação existe entre os objetos? Quando ocorreu?

As relações espaciais entre objetos do mundo real são geralmente muito numerosas, podem ser complexas, mas são muito importantes. Por exemplo, não é importante apenas saber onde está o incêndio e o hidrante, mas, também, a distância entre o hidrante e o local da ocorrência de fogo. As relações podem ser intuitivas quando o usuário busca dados em um documento cartográfico analógico. Contudo, em sistemas computacionais as rotinas devem ser expressas, a partir do raciocínio humano, para que sejam compreendidas e processadas pelo computador.

Nos SIG uma das formas de guardar informação a respeito da relação espacial entre os objetos é através de topologia. Na acepção da palavra, topologia é

o ramo da matemática que se dedica a estudar as relações entre elementos, ou as relações de posições de elementos em um espaço não quantitativo. Essas relações podem abordar tanto elementos de um mesmo conjunto como de conjuntos diferentes. O conceito foi incorporado aos SIG, já que as entidades espaciais podem ser reduzidas às feições primitivas (nós, linhas e áreas), que se relacionam entre si, obedecendo à Teoria dos Conjuntos.

A formulação de ligações empregando topologia é uma das características que distingue os SIG de outros sistemas, como os sistemas de Projeto Assistido por Computador (CAD), Mapeamento Assistido por Computador (CAM) e Mapeamento Automatizado/Facilidades de Administração (AM/FM). Em todos – CAD, CAM e AM/FM – as relações topológicas não são importantes, já que o foco central é preparar arquivos gráficos para impressão ou visualização (HUXHOLD, 1991; KORTE, 1992).

Para HUXHOLD (1991), quando se trata de SIG, normalmente são utilizados termos como **espacial** e **análise**, enquanto as definições dos demais sistemas empregam expressões como **operações matemáticas** ou **geométricas**. Essa simples variação implica na distinção definitiva entre os SIG e os demais sistemas. As palavras **espacial** e **análise** empregadas mais freqüentemente aos SIG não apenas implicam na habilidade de mapear informações e ligá-las às feições, mas também identificar relações entre as feições mapeadas e processar suas características geométricas para analisar os dados num contexto espacial.

A capacidade de armazenamento é fundamental para os SIG, pois será o suporte nas operações de análise espacial. Os SIG foram desenvolvidos para analisar grandes volumes de dados espaciais oriundos de diversas fontes (ARONOFF, 1989).

Na área da Tecnologia da Informação (TI), ou dos Sistemas de Informação (SI), os SIG não são os únicos. Diferentes tipos de sistemas de informação podem ser estabelecidos, de acordo com a finalidade a que se propõem (DALE e McLAUGHLIN, 1990). Segundo CARNEIRO (2000), estes podem ser planejados para fornecer:

- a) informações ambientais: principal objetivo é delimitar zonas ambientais, associadas a um único fenômeno físico, químico ou biótico;
- b) informações de infra-estrutura: focaliza principalmente estruturas de engenharia e utilidades (redes de água, energia, comunicações);
- c) informações cadastrais: diz respeito a informações referentes à realidade física das parcelas territoriais; e
- d) informações sócio-econômicas: dados estatísticos e censitários, por exemplo.

A família de sistemas existente é ampla, cada um com especialidades em determinada categoria de informação armazenada ou tipo de análise. Entre estes pode-se citar os Sistemas de Informação Territorial (LIS), Sistemas de Informação Territorial e de Recursos (LRIS), Sistemas de Informações Urbanas (URIS), Sistemas de Informações Ambientais (ERIS), Sistemas de Informações Cadastrais (CAIS), entre outros. Alguns desses sistemas especialistas foram derivados dos SIG, que continua sendo o termo mais amplamente divulgado e aceito quando se trata de processamento de informação espacial georreferenciada (TAYLOR, 1991).

Depois dos SIG, os LIS parecem ser os mais citados pela literatura. LIS é um termo usado preferencialmente para se referir a sistemas que incluem informação de propriedade territorial (ARONOFF, 1989). O objetivo principal do LIS é apoiar o gerenciamento territorial, fornecendo informações sobre a terra, seus recursos e seus usos (CARNEIRO, 2000).

O conjunto de sistemas de informação que atuam com base em dados espaciais georreferenciados está contido, por associação, no contexto das Tecnologias da Geoinformação.

2.3.1.1 – Componentes dos Sistemas de Geoinformação

ARONOFF (1989), trata as componentes dos SIG de maneira modular, ou seja, em termos de sua estrutura de programas computacionais. Para este autor as componentes dos SIG são: a entrada, o gerenciamento, a manipulação e análise de dados, e a saída de informações.

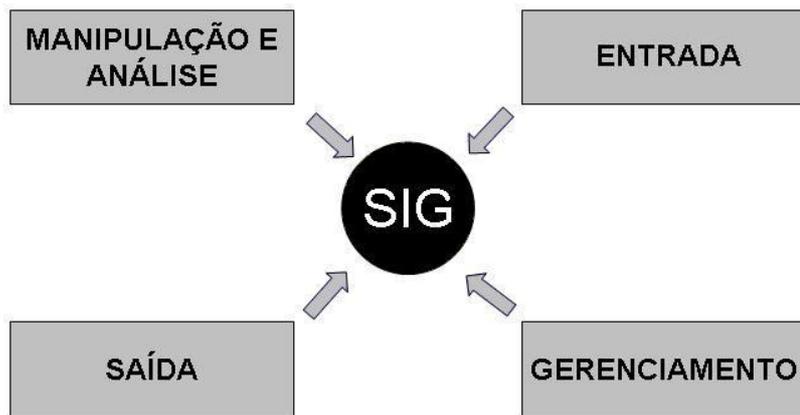


Figura 10 – Esquema dos Componentes dos SIG: Uma Visão Computacional.
Adaptado de ARONOFF (1989).

Outros autores, como BURROUGH e McDONNELL (1998), CASTLE (1993) e ROBINSON et al. (1995), ampliam esse conceito e afirmam que, além dos módulos de programas computacionais, os SIG também são compostos por suas bases de dados, equipamentos e pela própria organização.

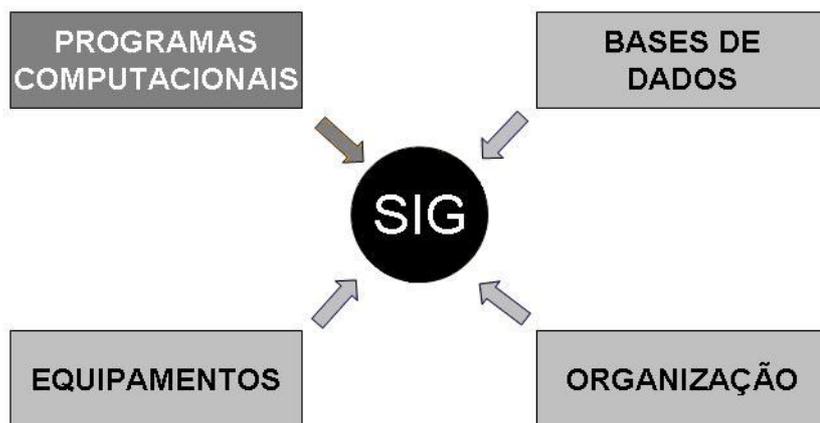


Figura 11 – Esquema dos Componentes dos SIG: Uma Visão Intermediária.
Adaptado de CASTLE (1993).

WILLIAMSON (1992; 2000), abordando os SIG voltados para a gestão territorial, desenvolve várias considerações a respeito da componente organizacional, e divide-a em outras quatro: pessoal, política, planos institucionais e rotinas de trabalho.



Figura 12 – Esquema dos Componentes dos SIG: Uma Visão Organizacional.
Adaptado de WILLIAMSON (2000).

Esta abordagem parece mais apropriada ao contexto atual dos SIG. Ao colocar em um mesmo patamar as questões técnicas, tecnológicas, de recursos humanos e institucionais, o autor mostra que a implementação bem sucedida de um SIG depende tanto da escolha da tecnologia a ser utilizada como dos planos e da política institucionais.

Ainda segundo o mesmo autor, um importante princípio na implantação de um sistema desse tipo é saber que o mesmo não se encerra em si. Sua principal função é dar suporte à decisão espacial. A sustentabilidade do SIG está relacionada não só a investimentos financeiros, mas também ao desenvolvimento de recursos humanos treinados e educados adequadamente.

2.3.1.2 – Coleta de Dados Espaciais

A coleta de dados é comumente a fase crítica na implantação de qualquer sistema. Esta assertiva revela-se bastante apropriada também ao contexto dos SIG, já que diversos autores afirmam que a elaboração de uma base de dados espaciais é uma tarefa complexa e onerosa (ARONOFF, 1989; BURROUGH e McDONNELL, 1998; PAULINO e CARNEIRO, 1998; entre outros).

PAULINO e CARNEIRO (1998) afirmam que “a produção da base cartográfica para atender a um sistema de informações apresenta algumas características

específicas diferentes da cartografia digital, pois nessa, além da apresentação cartográfica, passam a estar envolvidos como objetivos prioritários, o relacionamento e a exploração das diferentes bases de dados, no sentido de prover ao usuário o acesso ágil e seguro à informação georreferenciada”. Ainda segundo os mesmos autores, a origem de dados espaciais para SIG pode ser sintetizada em três grandes categorias: i) os dados provenientes de outros sistemas; ii) os dados provenientes de bases analógicas; e, iii) os dados adquiridos na fonte primária.

À primeira categoria estão relacionados os processos de migração e conversão de bases de dados. Estes processos ocorrem quando, por exemplo, existe algum tipo de incompatibilidade entre programas computacionais ou estruturas de dados, ou quando um sistema passa a utilizar um novo modelo de dados.

A segunda categoria é, possivelmente, a mais utilizada na aquisição de dados para SIG. Esta afirmativa é fundamentada na imensa quantidade de material analógico ainda existente. A esta categoria estão relacionados os processos de digitação, “escanerização”, vetorização (automática, semi-automática ou manual) e digitalização manual.

Na terceira categoria estão agrupados os métodos de produção de dados espaciais, em formato digital, a partir dos dados primários, ou seja, através de sensoriamento remoto (métodos indiretos) e levantamentos geodésicos (métodos diretos).

2.3.1.3 – Armazenamento de Dados Espaciais

O dado espacial, como definido anteriormente, é gráfico e descritivo. Possuindo natureza distinta, os dados gráficos e descritivos precisam de estruturas específicas para o seu armazenamento e, também, de rotinas específicas para a sua recuperação, processamento e exibição.

O dado gráfico, para utilização em SIG, pode ter estrutura matricial ou vetorial. A estrutura matricial, ou *raster*, discretiza a superfície em forma de matrizes, cujo elemento básico e indivisível é chamado célula ou *pixel* (do inglês, *picture element*), que ao possuir um mesmo valor pode definir uma linha ou área, conforme Figura 13.

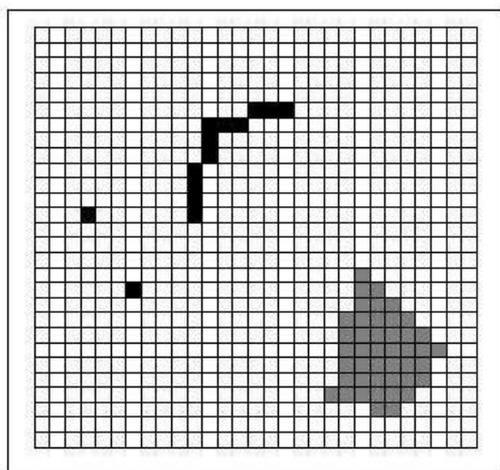


Figura 13 – Esquema de Representação Espacial da Estrutura Matricial.

A estrutura vetorial representa a superfície de forma contínua através de pares de coordenadas com o auxílio de três primitivas geométricas básicas: ponto, linha e polígono. A denominação linha pode aparecer muitas vezes como arco, e os polígonos podem ser referidos como área ou região.

Na Figura 14 pode-se observar que um ponto é definido por um único par de coordenadas. A linha é representada por um conjunto de pontos, sendo que o ponto inicial e o final são definidos como nós. O Polígono é representado por um conjunto linhas que se conectam definindo uma área.

Ambas as estruturas possuem vantagens e desvantagens com relação ao armazenamento, representação de feições e análise de dados. O Quadro 1 apresenta um resumo da visão de ARONOFF (1989) sobre a questão.

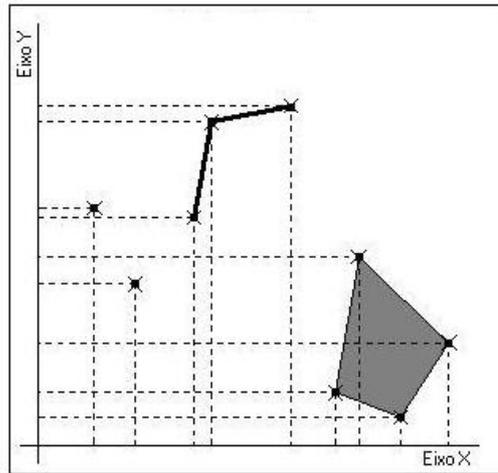


Figura 14 – Esquema de Representação Espacial da Estrutura Vetorial.

Quadro 1 – Principais Vantagens e Desvantagens das Estruturas Matricial e Vetorial.

Fonte: Adaptado de ARONOFF (1989).

MATRICIAL	VETORIAL
<p>Vantagens:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. estrutura de dados mais simples; 2. operações entre níveis de informação são mais facilmente e eficientemente implementadas; 3. fenômenos com alta variabilidade espacial são representados mais eficientemente; e 4. apropriado para utilização de imagens digitais. 	<p>Vantagens:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. fornece uma estrutura de dados mais compacta (menos espaço para armazenamento); 2. trabalha eficientemente com topologia, e por conseqüência, fornece melhores resultados para operações que requerem informação topológica, como análise de redes; e 3. é mais apropriado a suportar gráficos que se aproximam de mapas desenhados à mão.
<p>Desvantagens:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. maior espaço de armazenamento; 2. as relações topológicas são mais difíceis de representar; e 3. a saída é menos estética. 	<p>Desvantagens:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. a estrutura de dados é mais complexa; 2. as operações entre níveis de informação são mais difíceis de implementar; e 3. a representação de alta variabilidade espacial é ineficiente.

Além das considerações apresentadas no Quadro 1, CÂMARA et al. (1996a) ainda afirma que a estrutura vetorial possui a vantagem de poder ser aplicada a qualquer escala de trabalho, enquanto que a matricial é mais adequada a escalas

menores que 1:25.000. Por fim, o mesmo autor afirma que a estrutura vetorial também facilita a associação com os dados descritivos.

Quanto à forma de aquisição de dados, segundo a estrutura dos dados, pode-se afirmar que a estrutura matricial está relacionada ao sensoriamento remoto, à fotogrametria digital e aos processos de escanização, enquanto que a estrutura vetorial está mais associada aos processos de levantamento geodésico, à restituição analítica e à digitalização de documentos cartográficos (PAULINO e CARNEIRO, 1998).

Os dados descritivos, por sua vez, são armazenados em bancos de dados. De maneira simplificada, DATE (1990) caracteriza um banco de dados como sendo um sistema de manutenção de registros por computador – ou seja, um sistema cujo objetivo global é manter uma base de dados e torná-la disponível quando solicitada. O conjunto de programas computacionais para acesso ao conjunto de dados de um banco de dados denomina-se Sistema Gerenciador de Banco de Dados – SGBD.

Nos SIG, esta função de armazenamento de dados descritivos é repassada aos SGBD em decorrência das vantagens apresentadas por estes. DATE (1990) e SILBERSCHATZ et al (1999) apontam algumas destas vantagens como sendo:

- compacidade: não há necessidade de arquivos de papéis volumosos;
- rapidez: a recuperação e alteração de dados são feitas muito mais rapidamente pelo computador que pelo ser humano;
- fluxo corrente: disponibilidade de informações certas e atualizadas a qualquer momento;
- redução de redundância: registros duplicados podem ser eliminados resultando em economia de espaço de armazenamento;
- prevenção de inconsistências: consequência da redução de redundâncias;
- atomicidade: as operações em bancos de dados devem ser atômicas, ou seja, ocorrem por completo ou não ocorrem, garantindo que se a operação falhar os dados assumem o último estado consistente.
- compartilhamento de dados: aplicações existentes podem compartilhar dados e permitir que novas aplicações possam ser desenvolvidas;

- restrições de segurança: possibilidade de estabelecer diferentes tipos de acesso em determinado nível do banco de dados;
- manutenção da integridade: assegura que os dados do banco de dados sejam corretos; e
- independência dos dados: ocorre no nível físico e no nível lógico. Significa que em um banco de dados é possível modificar o esquema físico dos dados sem modificar, ou reescrever, os programas da aplicação, e vice-versa.

De fato, a arquitetura de um SIG varia de acordo com as escolhas técnicas do fabricante e de acordo com as especialidades e funcionalidades de seu módulo de programas computacionais. CÂMARA et al (1996a), explorando estes aspectos, classifica os SIG de acordo com a sua arquitetura em oito categorias distintas. Percebe-se que algumas categorias são apenas especializações de uma outra, entretanto, segundo o referido autor, pequenas mudanças na arquitetura de um SIG podem representar grandes diferenças em aspectos como eficiência, segurança, consistência de dados, e capacidade de integração com outros programas computacionais.

A categorização proposta por CÂMARA et al (1996a) basicamente separa os SIG segundo o armazenamento de dados gráficos e descritivos em estruturas proprietárias (formatos internos codificados para vetores ou matrizes, e bancos de dados) ou estruturas externas (formatos padrão de mercado para armazenamento gráfico e descritivo).

2.3.2 – Aplicações de SIG ao Gerenciamento Urbano

A necessidade de conhecer o espaço físico-territorial através dos documentos cartográficos foge ao mundo restrito das ciências naturais. Os planejadores, engenheiros, agências cadastrais, departamentos de estado e de governo, empresas privadas, são usuários destes documentos e estão incorporando os avanços tecnológicos referentes à área (BURROUGH, 1986).

A crescente demanda por informações rápidas e precisas a respeito do uso e ocupação do solo é uma realidade nas administrações públicas. Embora o uso de

computadores tenha se tornado comum, mesmo em prefeituras de pequeno porte, a adoção de SIG pelas municipalidades tem sido lenta. Em parte, isto se deve ao alto custo de implantação das bases de dados para SIG. Muitas vezes, entretanto, falta a percepção de que maiores serão os custos na mudança da organização administrativa da municipalidade para que o SIG possa ser efetivamente implementado. O desafio consiste, portanto, em encontrar soluções simples, funcionais e de baixo custo para permitir o gerenciamento destas informações (ARONOFF, 1989; SKROCH et al., 1999).

A prefeitura, por sua própria natureza, é ambiente apropriado para utilização de SIG, já que um vasto acervo de informações sobre o município é utilizado em serviços internos e externos, e que cerca de 70% a 80% possui alguma referência espacial. Informação sobre zoneamento, propriedades, estradas, escolas e parques devem ter suas localizações geográficas determinadas. É necessário também cruzar informações que estão espalhadas em diversos órgãos e arquivos, além de recorrer a análises espaciais extremamente trabalhosas para aplicações como o planejamento físico-territorial (ARONOFF, 1989; BASTOS, 2000).

As aplicações municipais do SIG produzem coleta sistemática, atualização, processamento e distribuição de dados espaciais. A capacidade de lidar com dados de levantamentos de campo é uma exigência comum na utilização destes sistemas. Os SIG municipais são usados para suporte à tomada de decisão em âmbito legal, administrativo e econômico, assim como para várias atividades de planejamento.

A atualização das informações espacialmente referenciadas traz benefícios aos diversos setores da administração, permitindo, por exemplo, planejar obras de melhoria e expansão dos serviços comunitários, fazer análises espaciais sobre variáveis como educação e saúde, ou verificar espacialmente a cobrança dos impostos (SKROCH et al., 1999).

As possibilidades de utilização de SIG pelas prefeituras abrangem várias áreas. Qualquer setor que trabalhe com dados espaciais de um determinado território pode, em princípio, valer-se do uso de SIG. VAZ (2000b) aponta algumas das principais:

- a) ordenamento e gestão territorial: é o uso mais difundido dos SIG no âmbito da administração municipal. É uma aplicação básica, porque permite a elaboração de uma base espacial georreferenciada servirá a diversas outras aplicações setoriais. Na base de dados espaciais estão reproduzidas a configuração do território, com identificação dos logradouros, lotes, glebas, edificações, redes de infra-estrutura, propriedades rurais, estradas e acidentes geográficos. Além das atividades de planejamento urbano, esta base pode servir também para processos de revisão da legislação;
- b) regularização fundiária: a disponibilidade de informações de natureza legal facilita as ações de regularização fundiária e a aplicação dos instrumentos regulamentados pelo Estatuto da Cidade;
- c) otimização de arrecadação: a atualização da base de dados espaciais provê a administração municipal de informações significativas para a revisão da Planta Genérica de Valores, instrumento fiscal que determina valores aos imóveis segundo a localização e as benfeitorias existentes;
- d) localização de equipamentos e serviços públicos: em uma base de dados espaciais com informações sócio-econômicas e de equipamentos públicos é possível identificar áreas com maior nível de carência e os melhores locais para instalação de equipamentos e serviços públicos;
- e) gestão ambiental: o SIG pode ser útil para monitorar áreas com questões de proteção ambiental, acompanhar a evolução de indicadores de poluição da água e do ar, níveis de erosão do solo e disposição de resíduos;
- f) gerenciamento do sistema de transportes: com o auxílio do SIG é possível realizar estudos de demanda de transportes, carregamento de vias, identificação de pontos críticos de acidentes e prevenção de serviços de manutenção de vias;
- g) gestão da frota municipal: o SIG pode subsidiar a administração municipal de informações sobre os tipos de usos da frota municipal, apontando os trajetos mais comuns e sua intensidade. Com isto, pode-se definir roteiros otimizados para a frota municipal, gerando economia de tempo, combustível e diminuindo a depreciação de veículos; e

- h) combate à criminalidade: programas públicos de combate e de prevenção ao crime podem ser elaborados a partir da distribuição, do tipo e do número de ocorrências registradas.

No Brasil são evidentes as grandes disparidades regionais e há enormes diferenças estruturais (financeira, técnica, tecnológica e de recursos humanos) entre as prefeituras de cidades grandes e pequenas. Diante desta realidade, é possível questionar a implantação de SIG em prefeituras menores com base nos custos envolvidos, bem como com relação à menor complexidade da problemática urbana. Contrapondo-se a estes argumentos, BASTOS (2000) afirma que é fundamental fomentar o emprego do SIG no planejamento das cidades de pequeno e médio portes, para evitar que, em um futuro próximo, não venham a enfrentar problemas existentes hoje nos grandes centros urbanos. Ainda de acordo com o mesmo autor, as demandas menos complexas derivadas dos conflitos menores de uso e ocupação do solo são argumentos favoráveis ao desenvolvimento de sistemas alternativos mais simples e, portanto, de menor custo.

3. ADMINISTRAÇÃO E PLANEJAMENTO DE MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE

Até o ano de 1988, a atuação das prefeituras era limitada devido à centralização de recursos nas mãos dos governos estadual e federal. Este fato, que era herança da Constituição de 1967 nitidamente centralizadora, gerava extrema dependência dos Municípios em relação aos Estados e à União. A Constituição de 1988 quebrou a centralização administrativa e financeira transferindo aos Municípios novas responsabilidades e atribuições.

Os Municípios, no novo entendimento da Constituição de 1988, ascenderam de *status*, já que passaram a ser membros da Federação, conforme Artigo 18 (SOUZA, 1989; AMORIM e SILVA, 1994), prerrogativa que era concedida anteriormente apenas aos Estados. Com isto, cada Município passou a elaborar sua própria Lei Orgânica, que corresponde, na prática, à constituição municipal.

Sem prejuízo à atuação dos governos federal e estadual, a Constituinte entendeu que a política urbana deveria ser executada pelos Municípios, com o objetivo de “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”, conforme o Artigo 182, do Capítulo da Política Urbana, da Constituição Federal (BRASIL, 1988).

Para que o processo de descentralização político-administrativa se concretizasse, os Municípios tiveram melhoradas as suas arrecadações, mediante a competência recebida através da instituição de novos tributos e o incremento na participação da arrecadação de tributos federais e estaduais.

Desta forma, houve certa expectativa quanto ao aumento de receitas. Entretanto, tal expectativa não se confirmou, e a situação das finanças das administrações públicas municipais continuou mostrando-se precária. Os Municípios continuaram dependentes das transferências de recursos dos governos estadual e federal, uma situação que se acentua expressivamente para os municípios menores (MARGARIDO, 2000).

Na realidade, mesmo tendo havido um período de transição, previsto nos Atos das Disposições Transitórias da Constituição Federal (BRASIL, 1988), verifica-se que os Municípios não estavam preparados para assumir as novas atribuições. A maior parte das prefeituras de cidades de pequeno e médio portes ainda está vivendo uma situação de transição, tentando se estruturar para assumir adequadamente os novos encargos. A municipalização da saúde pública, a concessão de serviços públicos de saneamento básico e energia elétrica, a administração de transportes e trânsito, são tarefas para as quais as prefeituras não estavam preparadas, mas que agora estão sendo cobradas pela população, inclusive no que se refere à qualidade.

Nas prefeituras das cidades de pequeno porte, a cobrança do IPTU é a base da arrecadação própria municipal. As administrações precisam, portanto, aumentar ao máximo a eficiência dos processos de arrecadação, a justiça fiscal e o atendimento ao cliente. Para aumentar os investimentos a curto prazo e manter serviços e programas públicos implementados, é necessário aumentar a arrecadação, independentemente do aumento das transferências intergovernamentais, fazendo com que a participação das receitas próprias municipais sobre a receita total cresça. Entretanto, na maioria das prefeituras, a cobrança dos impostos, como o IPTU e o ITBI, é baseada em bancos de dados alfanuméricos, sem qualquer referência espacial. A atualização dos dados, normalmente, só é feita por declaração do proprietário. Isto posto, percebe-se que a prefeitura perde em arrecadação e em capacidade de ordenamento do território, pois estas atividades dependem da confiabilidade dos dados cadastrais (SKROCH et al, 1999; VAZ, 2000a; VILA REAL, 1996).

A partir do ano de 2000, com o advento da Lei de Responsabilidade Fiscal – Lei Federal Complementar Nº 101 (BRASIL, 2000), a reorganização da estrutura administrativa e técnica e a regulação na aplicação de verbas públicas torna-se obrigatória aos Municípios. Para que possa identificar prioridades e destinar verbas de forma coerente, é importante que o administrador público tenha ao seu alcance informações completas e confiáveis sobre o Município. Neste sentido, o Cadastro Imobiliário é um instrumento poderoso a ser utilizado como base para o planejamento municipal (MULLER e ERBA, 2000; PAREDES, 1994).

De acordo com AMORIM e SILVA (1994), o planejamento deve fixar metas de crescimento em todos os setores, primário, secundário e terciário, formando a base para o desenvolvimento e organização do Município, em termos de ocupação do solo, bem como de condições sociais e econômicas.

O Município é a menor unidade política do Brasil. Mesmo assim, o volume de dados registrados é grande, necessitando de organização e sistematização.

Uma das soluções para o gerenciamento dos dados cadastrais é a utilização de um SIG. Esta tecnologia – e outras correlacionadas, como posicionamento por satélite, automação topográfica, CAD, bancos de dados – tem se popularizado e se tornado mais acessível economicamente. Contudo, nas prefeituras das cidades de pequeno porte, o seu uso ainda tem sido questionado, não em termos de benefícios, mas em termos de custos. Os custos incluem equipamentos, programas, aquisição de dados, treinamento de pessoal e suporte técnico.

BASTOS (2000) e ROSSETO et al (2001) ratificam o exposto anteriormente quando afirmam que quanto menor a prefeitura, maiores são as dificuldades técnicas e financeiras, uma vez que o investimento na implantação de um SIG pode representar um alto percentual frente à receita global. Por outro lado, aumentam a chance de sucesso do ponto de vista organizacional, já que nessas prefeituras as barreiras burocráticas e políticas são menores. Outro aspecto relevante é que nas cidades menores, devido ao baixo grau de urbanização, os conflitos de uso do solo são menores e as demandas menos complexas, necessitando de equipamentos e processos proporcionalmente mais simples para serem resolvidas.

No âmbito da modernização da administração pública são muitas as barreiras que obstruem o desenvolvimento. Restringindo a análise apenas ao que diz respeito às questões espaciais, pode-se afirmar, de acordo com LOCH (1998), que falta à Administração Municipal brasileira uma cultura cartográfica que tenha o mapa como a base para qualquer tipo de projeto de planejamento físico-territorial, seja de um município, cidade, bairro ou zona urbana. Este fato se potencializa nos municípios de pequeno e médio porte, onde muitas outras questões são prementes.

O processo de implantação de um SIG não é uma tarefa simples, já que o seu sucesso dependerá de vários fatores. No processo de escolha e de implementação do sistema devem ser considerados (ARONOFF, 1989; BURROUGH, 1986):

- a) usuários e suas necessidades;
- b) aplicação;
- c) escolhas técnicas;
- d) recursos financeiros;
- e) pessoal disponível;
- f) aspectos organizacionais; e
- g) custos de equipamentos, programas e treinamento.

As experiências brasileiras que relacionam a utilização de SIG em prefeituras de municípios de pequeno porte apontam para a busca de sistemas alternativos mais baratos porém funcionais. Muitas prefeituras têm se beneficiado de sistemas aplicativos baseados em SIG, com a utilização da base cartográfica digital em conjunto com um SGBD (KITAGAWA e FERREIRA, 1994; SKROCH et al, 1999).

3.1 – Funções do Cadastro Imobiliário Urbano

Diferente dos países desenvolvidos, o Brasil não possui um modelo unificado para o Cadastro Imobiliário, tendo, inclusive, esferas do poder diferentes que cuidam dos cadastros urbano e rural. Durante a década de 1970, houve uma tentativa de difusão de um modelo para o Cadastro Imobiliário Urbano através do Projeto CIATA – Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo das Municipalidades. Tal modelo era resultado das experiências do SERFHAU – Serviço Federal de Habitação e Urbanismo, na implantação do Cadastro Técnico Municipal – CTM em cidades de grande e médio porte, e continuou a ser implementando em diversas prefeituras durante a década de 1980. O Projeto CIATA foi criado pelo Ministério da Fazenda como forma de possibilitar às pequenas cidades a estruturação de seus Cadastros Imobiliários com financiamento a fundo perdido. O Cadastro Imobiliário urbano, segundo o modelo proposto pelo Projeto CIATA, teria elementos descritivos com informações registradas por unidade imobiliária agrupadas por quadras, setores e zonas fiscais, representadas cartograficamente.

Tal modelo cadastral, portanto, seria composto de uma parte cartográfica (cartas que indicam a divisão de uma área em parcelas, com seus identificadores) e uma parte descritiva (registros dos atributos de cada parcela identificada nas cartas) (SCHWEDER et al, 1994; CARNEIRO, 2000).

Um fato que pode ser verificado facilmente é a desagregação ou desatualização entre as informações cartográficas e descritivas. Nos municípios onde não existe uma política de manutenção e de atualização sistemáticas do Cadastro Imobiliário que acompanhe a dinâmica de crescimento da cidade, o conjunto de informações descritivas e gráficas passa a funcionar como dois sistemas independentes. Os fatores que contribuem para isso são diversos e vão desde questões culturais, passando por fatores técnicos e tecnológicos, e indo até os custos elevados para realização de um mapeamento e manutenção deste.

Segundo SCHWEDER et al (1994), o modelo para o cadastro imobiliário urbano previsto pelo Projeto CIATA tinha dois objetivos centrais:

- a) fiscalização, com vistas à arrecadação municipal através do lançamento do IPTU, da contribuição de melhorias ou taxas de serviços urbanos;
- b) planejamento físico-territorial urbano, com a finalidade de localização de equipamentos sociais e de infra-estrutura urbana, estudo de localização e utilização do sistema viário urbano, reserva de área para fins especiais e estudo de controle de uso do solo urbano.

Os cadastros imobiliários municipais deveriam, portanto, atender a esses dois objetivos igualmente, sendo que um auxiliaria o outro. Na medida em que a prefeitura mantivesse suas bases cadastrais atualizadas, poderia planejar melhor, e, planejando melhor, poderia aumentar sua eficiência de arrecadação de tributos. Entretanto, na prática, mais de vinte anos após a implantação do projeto no Brasil, verifica-se que, na maioria das prefeituras, a função fiscalizadora do cadastro imobiliário é exercida em detrimento da função planejadora. Essa tendência é apontada por CARNEIRO (2000), quando afirma que o Cadastro Imobiliário urbano no Brasil possui caráter predominantemente fiscal.

4. MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS

Na elaboração de sistemas, a modelagem de dados espaciais deve buscar a definição de sistemas e subsistemas de acordo com a sua importância e influência na realização das prioridades eleitas. A partir do conhecimento é que se dá início à elaboração do projeto de dados, definindo as categorias dos dados, das entidades, seus relacionamentos e a construção dos diagramas (MARGARIDO, 2000).

SÁ (2001) apresenta uma técnica híbrida de modelagem de dados espaciais, envolvendo análise estruturada e orientação a objetos, que se compõe de três fases distintas, mas interdependentes, que são: a Abstração do Mundo Real, a definição do Modelo Conceitual e a elaboração do Modelo Físico.

A Abstração do Mundo Real é o estudo do comportamento da aplicação. Na definição do Modelo Conceitual são elaborados os diagramas e o dicionário de dados, sendo usados como base os dados gráficos, os dados descritivos, seus relacionamentos, o domínio espacial e a topologia, que devem ter sido conhecidos na fase anterior. Logo, o Modelo Conceitual é a descrição lógica, através de gráficos, da Abstração do Mundo Real. O Modelo Físico é a transcrição do Modelo Conceitual para uma linguagem que a máquina, o computador, compreenda (SÁ e SILVA, 1998).

Com isto, deseja-se demonstrar que a compreensão do mundo real, formulada através de sua abstração, é de suma importância, e, portanto, o desenvolvedor de sistemas tem que estar atento ao conjunto da aplicação sem esquecer os detalhes. Isto porque, é a partir desta etapa que serão definidas as questões técnicas e metodológicas para a implantação de um sistema, como: os dados, os métodos de aquisição de dados, a periodicidade da aquisição, as inter-relações entre estes dados, as questões que o sistema deverá levantar, as respostas que irá produzir, entre outros (SÁ e SILVA, 1998).

Todos estes aspectos apontados são realçados na modelagem de dados espaciais para SIG, já que entre as três etapas – de compreensão do mundo real, de definição do modelo conceitual e de implantação do sistema – existem muitas

questões inerentes ao espaço, como a sua percepção, mensuração, representação e análise (CÂMARA et al, 1996a; FREUNDSCHUH e EGENHOFER, 1997).

Os desenvolvedores de sistemas aplicativos baseados em SIG afirmam que as necessidades dos usuários para recuperar e transformar dados espaciais são ilimitadas. Entretanto, a maioria dos sistemas fornece um campo limitado de interfaces, através das quais o usuário pode interagir com o sistema. É claro que, nem todas as operações podem ser executadas usando apenas comandos básicos existentes, portanto, o usuário deverá escrever seus próprios programas para suprir suas necessidades (BURROUGH e McDONNELL, 1998).

YOURDON e ARGILA (1999) e SÁ (2001), autores nos quais está baseada a metodologia de modelagem deste trabalho, reservam um espaço fundamental para as representações gráficas dos sistemas em desenvolvimento. Segundo estes autores, os gráficos (figuras) “fornecem uma maneira vívida e de fácil leitura” para o desenvolvedor de sistemas mostrar aos usuários os principais componentes do modelo, bem como as conexões entre tais componentes. Em concordância com o exposto acima, poder-se-ia recorrer ao antigo adágio de que “uma imagem vale mais do que mil palavras”.

Uma figura pode mesmo, quando bem escolhida, englobar uma imensa quantidade de informações de forma concisa e compacta. Contudo, esta afirmação não significa que as figuras podem descrever tudo sobre os sistemas; isto poderia gerar algo tão confuso que ninguém se interessaria em examinar. Os gráficos usados nas ferramentas de modelagem de sistemas devem identificar os componentes de um sistema e as inter-relações entre eles. Os outros muitos detalhes devem ser apresentados em forma textual, descritiva (YOURDON, 1990).

Entre as ferramentas de modelagem utilizadas neste trabalho estão Diagramas de Contexto, Diagrama de Fluxo de Dados – DFD, Análise de Frequência de Frases – AFF, Diagrama Entidade-Relacionamento – DER, Diagrama de Domínio Espacial – DDE, Modelo Evento-Resposta e um Dicionário de Dados (ou Documentação do Sistema) com a descrição das Classes, dos Atributos dos Objetos, dos Métodos e das Mensagens envolvidos no sistema. A seguir, é

apresentada uma breve descrição de cada uma destas ferramentas e sua importância na modelagem de sistemas.

O Diagrama de Fluxo de Dados – DFD é uma das mais utilizadas ferramentas de modelagem de sistemas, principalmente para sistemas operativos nos quais as funções do sistema sejam de fundamental importância e mais complexas do que os dados manipulados pelo sistema (YOURDON, 1990).

Os componentes típicos de um DFD são: os processos, os fluxos, os depósitos de dados e os terminadores. No DFD, a visão do próprio sistema é orientada para as funções.

Os processos, em um DFD, são representados graficamente por círculos ou “bolhas” e são denominados ou descritos com uma única palavra ou sentença simples. Em outras palavras, o nome do processo descreve o que o processo “faz”. Os fluxos são graficamente representados por setas que entram ou saem de um processo. Os fluxos representam dados em movimento de um ponto a outro do sistema. Os depósitos de dados são usados para modelar uma coleção de pacotes de dados em repouso, sua representação gráfica são duas linhas paralelas. O nome de um depósito normalmente é o plural do nome dos pacotes transportados pelos fluxos para dentro e para fora do depósito. Os terminadores são as entidades externas com as quais o sistema se comunica, sendo representados graficamente por um retângulo. Tipicamente, o terminador é uma pessoa ou grupo de pessoas, por exemplo, uma organização externa, uma empresa, um setor, um grupo fora do controle do sistema modelado. Um terminador pode ser também um outro sistema. A Figura 15 mostra os componentes do DFD.

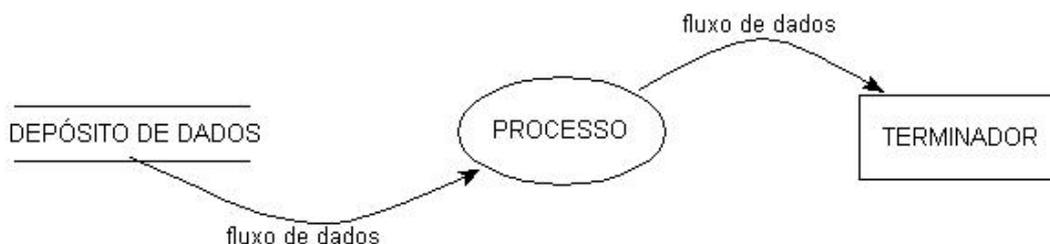


Figura 15 – Componentes do DFD.

O Diagrama de Contexto é um caso especial do DFD, no qual uma única bolha representa o sistema inteiro. Desta forma, realça os terminadores que se comunicam com o sistema, bem como os dados recebidos e enviados ao mundo exterior. Destaca também os depósitos de dados compartilhados entre o sistema e os terminadores. A Figura 16 mostra um Diagrama de Contexto típico.

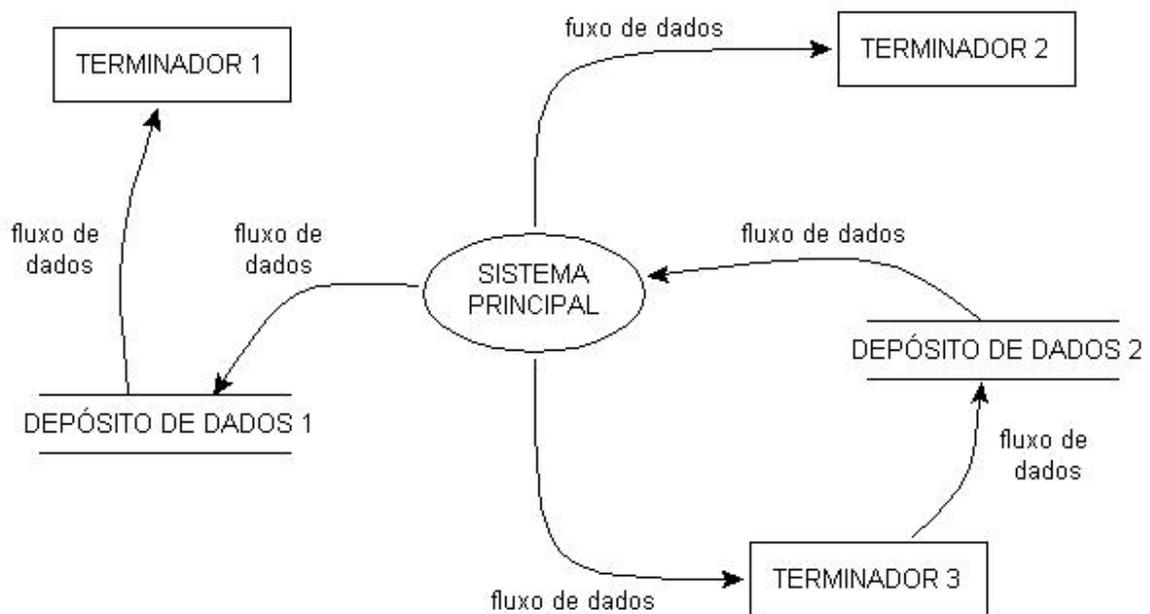


Figura 16 – Componentes de um Diagrama de Contexto.

A Análise de Frequência de Frases – AFF é uma técnica lingüística que, empregada na Abstração do Mundo Real, dá início à determinação das classes e objetos que o sistema deve conter (SÁ, 2001). As classes e os objetos serão descritos precisamente no Dicionário de Dados.

Os Diagramas Entidade-Relacionamento – DER são modelos em rede do sistema que descrevem a diagramação dos dados armazenados de um sistema em alto nível de abstração. Diferentemente do DFD, o DER é completamente voltado para os relacionamentos de dados, sem referência às funções que utilizam os dados. Entretanto, existe um ponto de cruzamento entre os dois tipos de diagramas: normalmente, os objetos no DER correspondem aos depósitos no DFD, sendo que no DER o objeto é nomeado no singular e no DFD é nomeado no plural, simbolizando os dados armazenados sobre todos os objetos. Graficamente, no DER, os objetos são representados como um retângulo. Os objetos devem ser

identificáveis de maneira unívoca e exercer um papel no sistema modelado. Os relacionamentos entre os objetos são representados por losangos.

Os autores discutem a representação dos relacionamentos quanto à apresentação da cardinalidade no DER – isto é, o número de objetos que participam de um relacionamento. Alguns defendem que a cardinalidade só deve ser expressa no dicionário de dados (SILBERSCHATZ et al, 1999; YOURDON, 1990). Neste trabalho, será adotada, por convenção, a notação expressa de cardinalidade no próprio DER, deixando para o dicionário de dados apenas a descrição de classes, atributos e funções do sistema. A Figura 17 exemplifica o exposto.

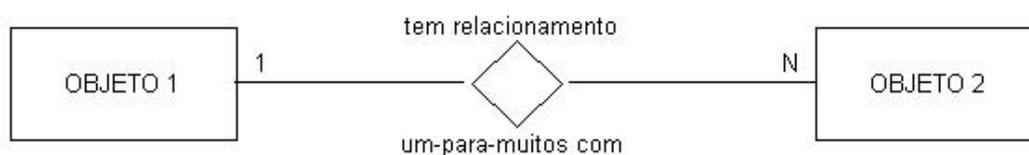


Figura 17 – Componentes do DER.

No Diagrama de Domínio Espacial – DDE são apresentadas as escolhas para o sistema da representação espacial, e portanto, da abrangência e forma de atuação, dos objetos no espaço. A utilização desta ferramenta de modelagem presume o armazenamento de informações gráficas no sistema sob o formato vetorial. O armazenamento no formato vetorial de dados gráficos é feito através de três primitivas geométricas básicas: ponto, linha e polígono. No DDE essas primitivas serão atribuídas aos objetos identificando, dessa forma, a sua representação espacial, conforme convenção apresentada Figura 18.

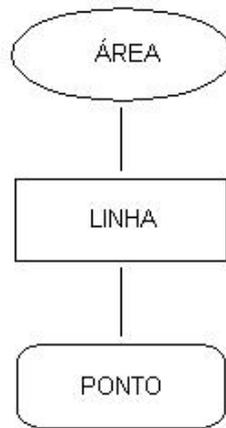


Figura 18 – Convenção de Representação Espacial do DDE.

O modelo Evento-Resposta identifica todos os acontecimentos ou ocorrências que afetam o sistema e que, portanto, devem ser considerados durante o processo de modelagem. O modelo Evento-Resposta tem como objetivo definir o conjunto de ações a serem executadas pelo objeto para o evento, de modo a gerar uma resposta adequada (ROZA, 2001).

5. ÁREA DE ESTUDO

Com o objetivo de aplicar o conceito de SIG à gestão de cidades de pequeno porte, foi escolhida uma área de estudo onde foram estudadas desde suas características e necessidades até a implantação do modelo físico. O município escolhido foi Sumé no Estado da Paraíba.

Este capítulo apresenta a classificação oficial para municípios de pequeno porte e alguns dos aspectos que caracterizam o município de Sumé.

5.1 – Municípios de Pequeno Porte

Segundo a classificação do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, citada por LIMA et al (2001), são consideradas cidades de pequeno porte aquelas cuja população não ultrapassa 20.000 habitantes. Os resultados preliminares do Censo 2000 (IBGE, 2001) apontam que dos 5.547 municípios brasileiros, 4.159 estão nesta categoria, ou seja, 75% do total.

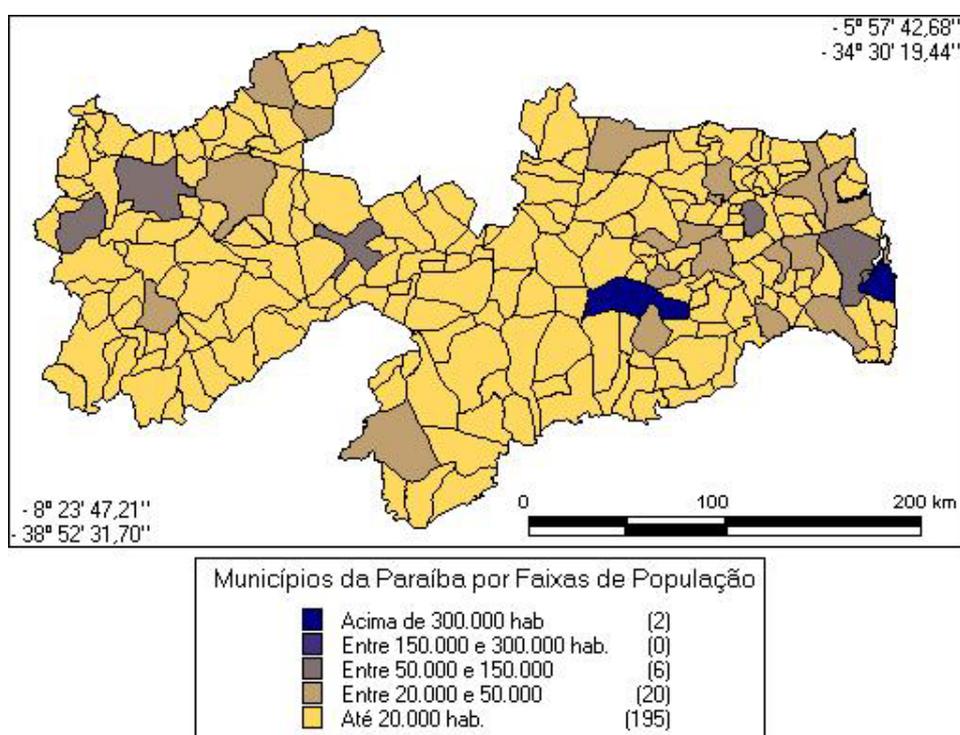


Figura 19 – Distribuição dos Municípios Paraibanos por Faixa de População.

Fonte: IBGE (2001).

No Estado da Paraíba esse percentual é ainda mais elevado. A categoria dos municípios de pequeno porte é composta por 195 unidades de um universo de 223 municípios no Estado – ou seja, mais de 87%. Cerca de 43% da população do Estado da Paraíba vive em municípios de pequeno porte. A Figura 19 apresenta a distribuição dos municípios paraibanos segundo as faixas populacionais.

5.2 – O Município de Sumé

O Censo 2000 (IBGE, 2001) aponta uma população residente de 15.020 habitantes no município de Sumé-PB, o que o caracteriza como município de pequeno porte. Ainda segundo o Censo 2000, o município de Sumé-PB ocupa uma área de 839,65 km², com posição geográfica do distrito sede de 7°40'18" S e 36°52'48" W, e altitude de 533 m. A localização de Sumé-PB em relação à capital do Estado da Paraíba, João Pessoa, pode ser visualizada na Figura 20.

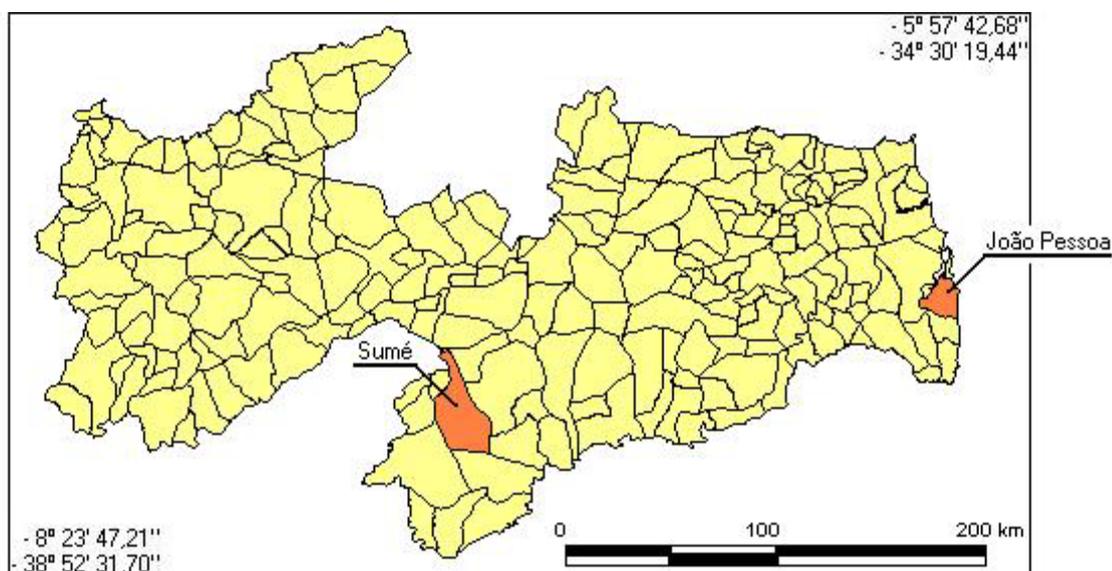


Figura 20 – Localização de Sumé em Relação a João Pessoa.

O município de Sumé-PB limita-se ao Norte com os municípios de São José dos Cordeiros-PB e Itapetim-PE; ao Leste, com Serra Branca-PB e Congo-PB; ao Sul, com Monteiro-PB e Camalaú-PB; e a Oeste, com Amparo-PB e Prata-PB. Os municípios limítrofes estão apresentados na Figura 21. O município está localizado

na Sub-região Geográfica do Cariri e é um dos que compõem a Meso-região Geográfica Homogênea do Cariri Ocidental (conforme Figuras 22 e 23).

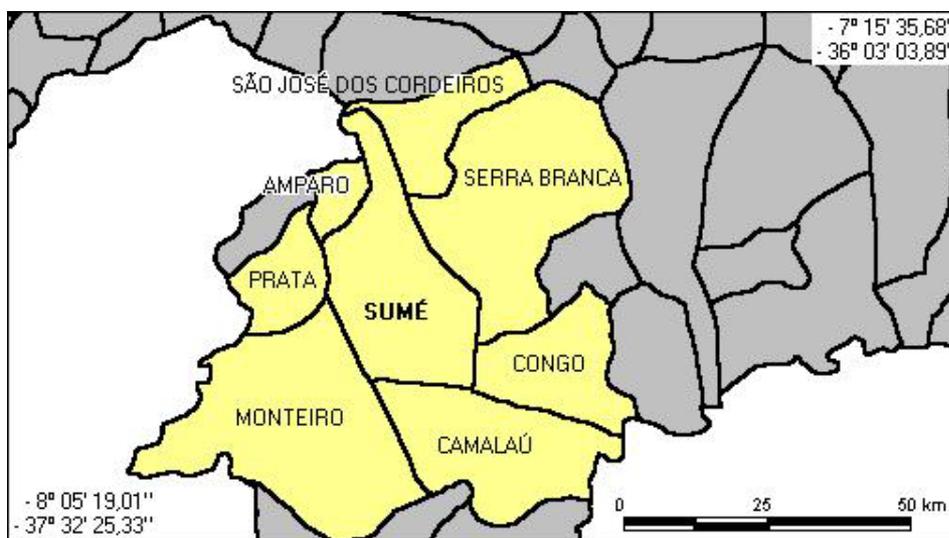


Figura 21 – Municípios Limítrofes a Sumé.

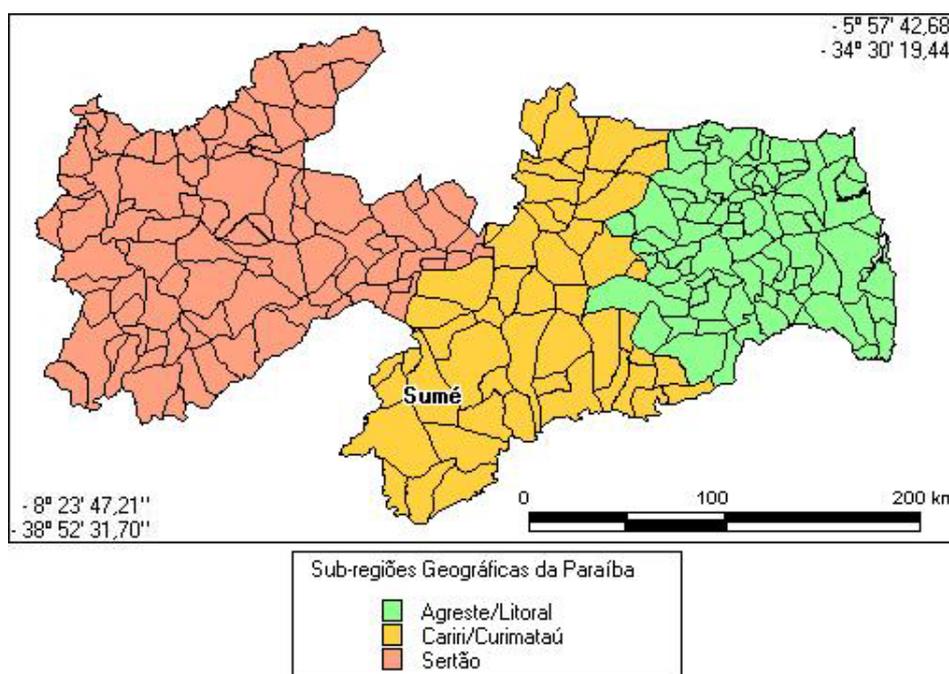


Figura 22 – Sub-regiões Geográficas da Paraíba.

Fonte: IBGE (2001).

O município de Sumé está situado em uma zona de clima BSH seco (semi-árido) em região de baixos índices pluviométricos e altas temperaturas durante todo o ano. A temperatura média é de 24 °C, com máximas em novembro e dezembro e

mínimas em julho e agosto. O clima típico do semi-árido promove a ocorrência de apenas duas estações climáticas no ano: uma chuvosa – entre fevereiro e abril – e uma seca – nos meses restantes (SUDENE, 1990).

A ocupação dos sítios que hoje demarcam o distrito sede do município data do fim do Século XVIII. Os colonos atraídos pela facilidade de instalação de fazendas de gado aproveitaram o trabalho dos indígenas, antigos habitantes da região. O grupo indígena que ocupava a região era designado Sucuru, dissidentes dos Cariris Velhos. O topônimo Sumé significa, em língua indígena, personagem misteriosa que ensina e pratica o bem (BRASIL, 1985).

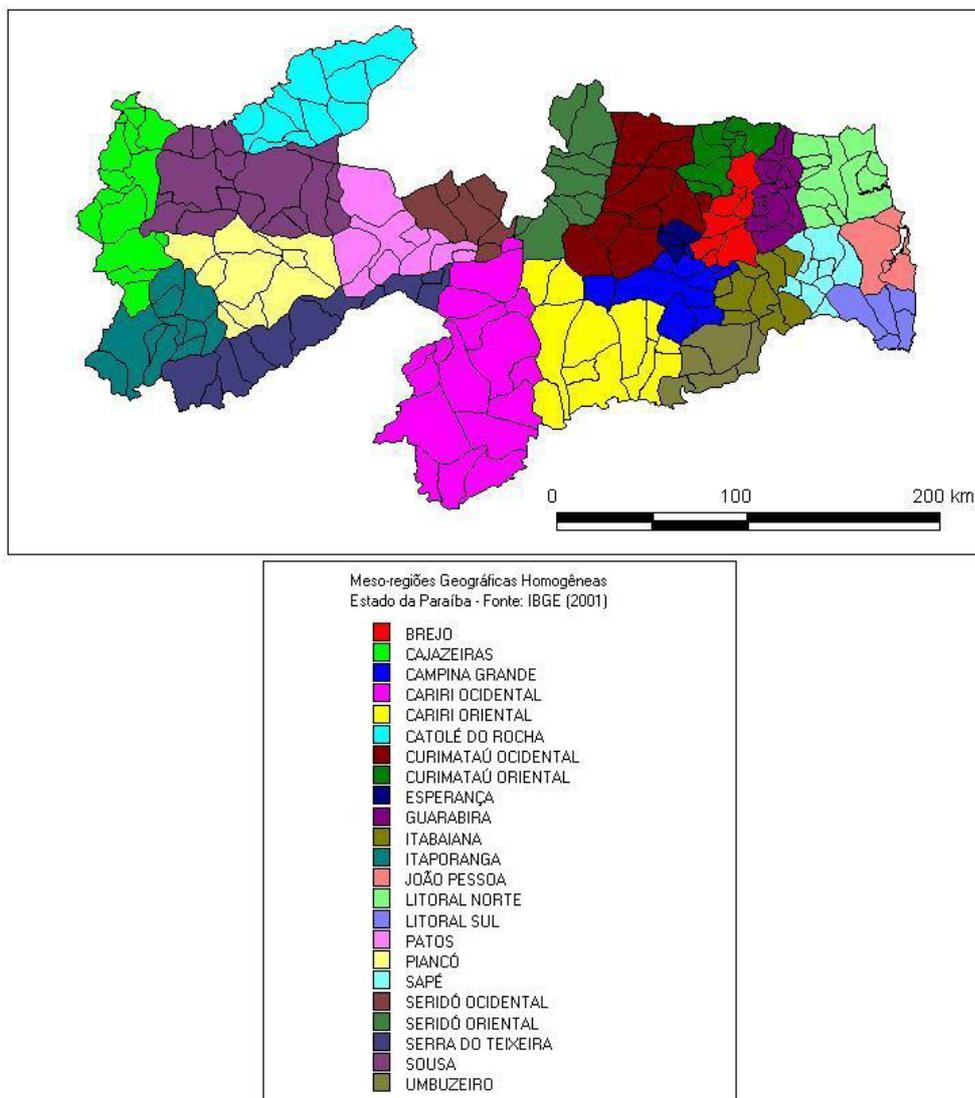


Figura 23 – Meso-regiões Geográficas Homogêneas do Estado da Paraíba.

Fonte: IBGE (2001).

O primeiro povoado surgiu em uma destas fazendas de gado e era chamado São Tomé, nome de um dos riachos da região que teve suas margens ocupadas pela povoação que mais tarde daria origem à vila de mesmo nome.

A fundação oficial do povoado, e a respectiva elevação à categoria de vila, pelos padrões administrativos da época, ocorreu em 1873, sob jurisdição do município de Monteiro. Com o crescimento da população e o avanço das atividades comerciais em São Tomé ocorreu, em 1911, a elevação da vila à categoria de distrito. Em 1943, com a reforma administrativa, São Tomé passou a chamar-se Sumé e em fevereiro de 1951, já não havendo mais como continuar a ser distrito, ocorreu a emancipação política.

Historicamente destacaram-se as culturas de tomate, sisal, algodão arbóreo e feijão, bem como rebanhos bovinos, caprinos e ovinos numerosos (BRASIL, 1985). Atualmente, estas atividades estão bastante reduzidas devido aos longos períodos de estiagem. As atividades econômicas do município ainda sobrevivem em razão das políticas compensatórias, como o bolsa-escola e bolsa-renda do governo federal, e dos salários do funcionalismo público.

O Quadro 2 apresenta mais alguns dados do Censo 2000 e de outras pesquisas do IBGE sobre o município de Sumé-PB.

Quadro 2 – Dados Sobre o Município de Sumé-PB.

Total da População Residente	15020 habitantes
Total da População Residente na Área Urbana	10858 habitantes
Densidade Demográfica	17,89 hab/km ²
Número de Domicílios	5281
Número de Domicílios na Área Urbana	3783
Estabelecimentos de Ensino Pré-escolar	37
Estabelecimentos de Ensino Fundamental	45
Estabelecimentos de Ensino Médio	2
Taxa de Alfabetização ¹	72,90%
Hospitais	1
Postos de Saúde	2
Centros de Saúde	2
Agências Bancárias	2

Fonte: IBGE (2001).

¹ O percentual apresentado no item taxa de alfabetização corresponde à população total residente com mais de 10 anos de idade.

6. MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS PARA DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

A modelagem de dados espaciais para sistemas aplicativos baseados em SIG para gestão municipal foi desenvolvida visando cidades de pequeno porte, estudando o caso de Sumé.

A modelagem foi dividida nas etapas Abstração do Mundo Real, elaboração do Modelo Conceitual e implementação do Modelo Físico.

6.1 – Abstração do Mundo Real

6.1.1 – Caracterização do Setor de Cadastro da PMS

O Setor de Cadastro da Prefeitura Municipal de Sumé – PMS, foi estruturado no ano de 1981 seguindo o modelo do então existente Projeto CIATA. Na PMS, em termos práticos, a utilização dos dados cadastrais visa apenas à função de fiscalização através da arrecadação de tributos. As atividades de planejamento da prefeitura valem-se muito pouco da base de dados espaciais do Setor de Cadastro. É preciso destacar que isto ocorre por diversos fatores que vão desde falta de uma cultura de planejamento estratégico com auxílio de documentos cartográficos até a má qualidade do material armazenado.

Quanto à cobertura espacial pode-se afirmar que da área total do município de Sumé, o Cadastro Imobiliário do município alcança a área urbana e algumas áreas de expansão, como os loteamentos mais recentes. Este fato é reforçado pelo objetivo a que se propõe, quase unicamente, fiscal. Entretanto, é preciso considerar também que o Cadastro dos Imóveis Rurais é de responsabilidade do INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – em parceria com a Receita Federal.

Apesar dos dados do Cadastro Imobiliário de Sumé estarem restritos ao espaço urbano, existe uma sistemática de atualização que garante a cada ano, antes do lançamento do IPTU, seja efetuado o recadastramento parcial dos imóveis

urbanos. Durante os seis primeiros meses do ano uma equipe de funcionários do Setor de Cadastro da PMS percorre toda a zona urbana verificando a atualidade dos dados constantes nos Boletins de Informações Cadastrais – BIC. São empregados dois boletins diferentes. Um mais antigo, mais detalhado, que contém informações sobre a localização da propriedade, dados do proprietário, ocupação e utilização do imóvel, e sobre o padrão construtivo da edificação. O tipo de BIC mais recente é menos detalhado, restrito às informações sobre a localização da propriedade, o proprietário e informações gerais do imóvel, bem como do terreno. Outra diferença entre os dois modelos de BIC é que no mais novo existe uma área maior, reservada ao croqui do terreno e da edificação, com escala pré-definida (1:400). Os boletins mais antigos estão sendo trocados pelo modelo mais novo na medida em que ocorre a atualização dos dados.

A base gráfica do Cadastro Imobiliário da PMS é formada por plantas de referência nas escalas de 1:2000 (ano de 1999) e 1:5000 (anterior), executadas por levantamento topográfico. Além dos documentos cartográficos, deve-se considerar também as plantas de quadra, que são os croquis que acompanham os boletins. Esses croquis possuem escala aproximada de 1:1000 e detalham os limites de cada lote, bem como as projeções das edificações e possuem ligação com a Planta de Referência. Os documentos cartográficos existentes no Cadastro Imobiliário da PMS, entretanto, não possui nenhuma referência ao Sistema Geodésico Brasileiro. A atualização das plantas de quadra é feita pelas revisões sistemáticas em campo, com medidas a trena.

O Setor de Cadastro da PMS fez duas tentativas de automatização de sua base de dados descritivos. A primeira no ano de 2000, utilizando um sistema fornecido pelo Banco do Brasil, que não foi considerada satisfatória. Ocorreram muitos problemas no processamento dos dados para tributação e na geração dos boletos para os contribuintes. Esse foi um ano difícil para a arrecadação na Secretaria de Finanças da PMS, pois muitas unidades imobiliárias foram taxadas muito acima ou muito abaixo do que determinava a lei, fato que gerou altos índices de inadimplência e reprocessamento manual dos tributos em muitos casos.

No ano de 2001 houve uma nova tentativa de automatização da base descritiva através de um programa desenvolvido sobre a plataforma do Banco de Dados Microsoft Access. Essa segunda tentativa foi mais bem sucedida que a anterior, já que o número de casos em que ocorreu alguma distorção entre o valor tributado e o que determina a lei foi praticamente nulo. O lançamento dos impostos, que só ocorreu no exercício de 2002, tem sido considerado satisfatório pela Secretaria de Finanças da PMS.

A automatização do Cadastro Imobiliário da PMS, entretanto, atende apenas ao processamento dos dados para fins tributários. As consultas, quando de interesse da Prefeitura, ou quando solicitadas por algum munícipe, são realizadas manualmente nas pastas onde são armazenados os BIC, quadra por quadra. Esse processo de automatização pode ser apontado como incompleto, já que apenas uma parte dos serviços do Cadastro Imobiliário, concentrada em época determinada do ano, foi beneficiada.

Das características do Cadastro Imobiliário da PMS percebidas entre as várias visitas à Secretaria de Finanças e as entrevistas com os funcionários, pode-se afirmar que se destacam positivamente a organização e a atualidade dos dados, enquanto que a semi-automatização e o não atendimento a fins de planejamento são os aspectos negativos.

6.1.2 – Definição do Problema

O Setor de Cadastro da PMS passa, atualmente, por um processo de implantação de SIG para o gerenciamento de seus dados cadastrais. Este fator foi decisivo e serviu enormemente à realização deste trabalho, tendo em vista que possibilitou como contrapartida à concessão dos dados cadastrais para a aplicação do modelo desenvolvido.

A idéia de iniciar um processo de implantação de SIG teve início no ano de 2001. Após a migração bem sucedida dos seus arquivos cadastrais do meio analógico (BIC) para a mídia digital (SGBD), começou a configurar-se a

possibilidade de ampliar a utilização dos dados descritivos do Cadastro Imobiliário ligados aos documentos cartográficos.

Entre os fatores que geraram a necessidade de implementação de um SIG está a substituição das lentas consultas aos milhares de BIC arquivados, por consultas dinâmicas. Além disso, a possibilidade do fornecimento de uma base de dados espaciais para atividades de planejamento em outras Secretarias, tais como Saúde, Educação e Meio-ambiente, bem como o próprio gabinete do Prefeito. Tais fatores, apesar de terem sido apontados como necessidades específicas da PMS, reproduzem-se em outras cidades de pequeno porte.

Nas cidades de pequeno porte, devido a fatores como baixos índices de informatização e a negligência das bases cadastrais para atividades de planejamento, o gerenciamento dessas atividades é feito manualmente através de listagens, como no caso de Sumé. Quando há alguma informatização, ou as informações estão desatualizadas ou não são espacialmente referenciadas, ou seja, o contribuinte (ou o imóvel) é representado apenas por um número na prefeitura.

A intenção principal da PMS com a implantação de um SIG é ampliar as possibilidades de eficiência na administração, pelo uso de meios e métodos gerenciais que garantam rápido acesso às suas bases de dados espaciais.

Para alcançar este objetivo, entre outras atividades, foi dado início, desde o primeiro semestre de 2002, à completa atualização e digitalização dos documentos cartográficos do Setor de Cadastro. Esta etapa deve ser seguida de uma outra de georreferenciamento da base gráfica, já em mídia magnética.

Simultaneamente à realização da etapa de georreferenciamento, foi planejada a implantação da Rede Municipal de Referência, seguindo a NBR 14.166, cuja utilização será requisito para os próximos levantamentos topográficos municipais. Dessa maneira, a PMS tenta garantir que os dados dos novos levantamentos topográficos – para novos projetos de loteamentos, por exemplo – estejam no mesmo sistema de referência dos dados utilizados pelo SIG.

Os documentos cartográficos digitalizados e georreferenciados irão compor o Mapa Urbano Básico Digital de Sumé, que, juntamente com os dados descritivos, formaram a base de dados espaciais do SIG.

A atuação do SIG estará restrita inicialmente à formação de uma base de dados espaciais que abrangerá toda a área urbana com níveis de informação de lotes e logradouros. A base de dados espaciais deverá estar disponível para acesso via *Intranet* para os diversos órgãos e secretarias da Prefeitura. A utilização da base de dados espaciais será requisito para, entre outras atividades, a revisão da Planta Genérica de Valores e para a elaboração do Plano Diretor do Município.

6.1.3 – Função Principal do Sistema Desenvolvido

O sistema planejado tem como principal função gerenciar os dados espaciais de um Cadastro Imobiliário em município de pequeno porte. Para tal, são necessários dados espaciais: gráficos (base municipal em nível de lotes e logradouros) e descritivos (dados do proprietário, do terreno, da edificação e cadastro de logradouros). Serão produzidos mapas relativos aos setores fiscais, bairros, quadras, equipamentos públicos, infra-estrutura urbana e lotes, bem como tabelas e relatórios.

6.1.4 – Atuação do Sistema Desenvolvido

O sistema produz informações e sinais de controle a respeito dos proprietários dos imóveis (nome, endereço, documentos, dentre outros), dos terrenos onde estão os imóveis (área, testada, topografia, valor do metro quadrado, dentre outros), das edificações (área ocupada, tipo e padrão da edificação, reformas, valor do metro quadrado, dentre outros) e dos logradouros (código, nome, CEP, largura, tipo de pavimentação, benfeitorias presentes, dentre outros). O formato dessas informações produzidas inclui exibição temporária de mapas e tabelas no monitor. O material produzido pode ser enviado para impressoras de pequeno ou grande porte ou armazenado em arquivos.

Além do próprio Setor de Cadastro outros setores dentro da prefeitura utilizam os dados de saída, como secretarias de Planejamento, Administração, Educação, Saúde, Meio-ambiente e o gabinete do Prefeito. Os contribuintes também recebem dados do sistema, na medida em que são realizadas consultas sobre a situação de algum imóvel cadastrado no município. O sistema pode enviar dados para outros sistemas. Para cada um desses casos, o sistema deve fornecer os dados em formato e estrutura adequados.

Os dados de entrada são fornecidos em parte através de diálogo homem-máquina. Isto corresponde aos comandos de entrada de dados dos programas e ao preenchimento de campos nas solicitações de consulta. O sistema também recebe dados de outros sistemas – no caso de dados armazenados em outros sistemas. Os dados de entrada são gráficos e descritivos, separadamente ou combinados.

6.1.5 – Resumo do Sistema

O sistema possui as seguintes funções:

- validar as alterações cadastrais (gráficas e descritivas);
- separar os dados gráficos em planos de informação;
- agrupar os atributos das classes de objetos do sistema;
- converter dados gráficos e descritivos;
- gerar a base de dados espaciais;
- consultar a base de dados espaciais;
- realizar análises espaciais;
- produzir mapas temáticos a partir das consultas e análises; e,
- atualizar a base de dados espaciais a partir das consultas e análises.

6.1.6 – Restrições que Afetam o Sistema

As restrições orçamentárias podem afetar o sistema e fazer com que algumas funções sejam executadas manualmente. É possível também que essa mesma escassez de recursos restrinja a aquisição de equipamentos periféricos e licenças

de programas, o que pode vir a diminuir as chances de sucesso da implantação do sistema.

Para a atualização da base de dados espaciais faz-se necessário uma estratégia de planejamento que envolva treinamento adequado dos usuários (funcionários da Prefeitura), a fim de garantir a manutenção do sistema.

Deve-se prever também que na fase de implementação do modelo desenvolvido poderão ocorrer mudanças, relativamente a alguns itens ou funções que não se adequem à realidade. Essas mudanças irão requerer uma revisão da modelagem para devida adequação.

Por último, deve-se considerar que os programas computacionais escolhidos na fase de implementação também poderão restringir algumas funções elaboradas para o sistema, como a conversão, o armazenamento e os processos de aquisição de dados.

6.2 – Elaboração do Modelo Conceitual

6.2.1 – Escopo do Sistema

O Sistema de Gerenciamento da Base de Dados Espaciais para Municípios de Pequeno Porte é composto pelos seguintes subsistemas:

- Subsistema Armazenamento
- Subsistema Conversão
- Subsistema Análise

O Subsistema Armazenamento guarda as informações gráficas e descritivas, em estruturas próprias, separadas, do Cadastro Imobiliário do Município. O mesmo ainda individualiza as classes de objetos do sistema.

O Subsistema Conversão viabiliza a comunicação entre os Subsistemas Armazenamento e Análise executando operações de transformação das estruturas

de dados entre os subsistemas. O Subsistema Conversão é responsável pela criação da Base de Dados Espaciais.

O Subsistema Análise recupera as informações da Base de Dados Espaciais através de consultas e provê as ferramentas de análise espacial do sistema. Ainda fornece os resultados das análises espaciais para o Subsistema Conversão.

6.2.2 – Diagramas de Contexto

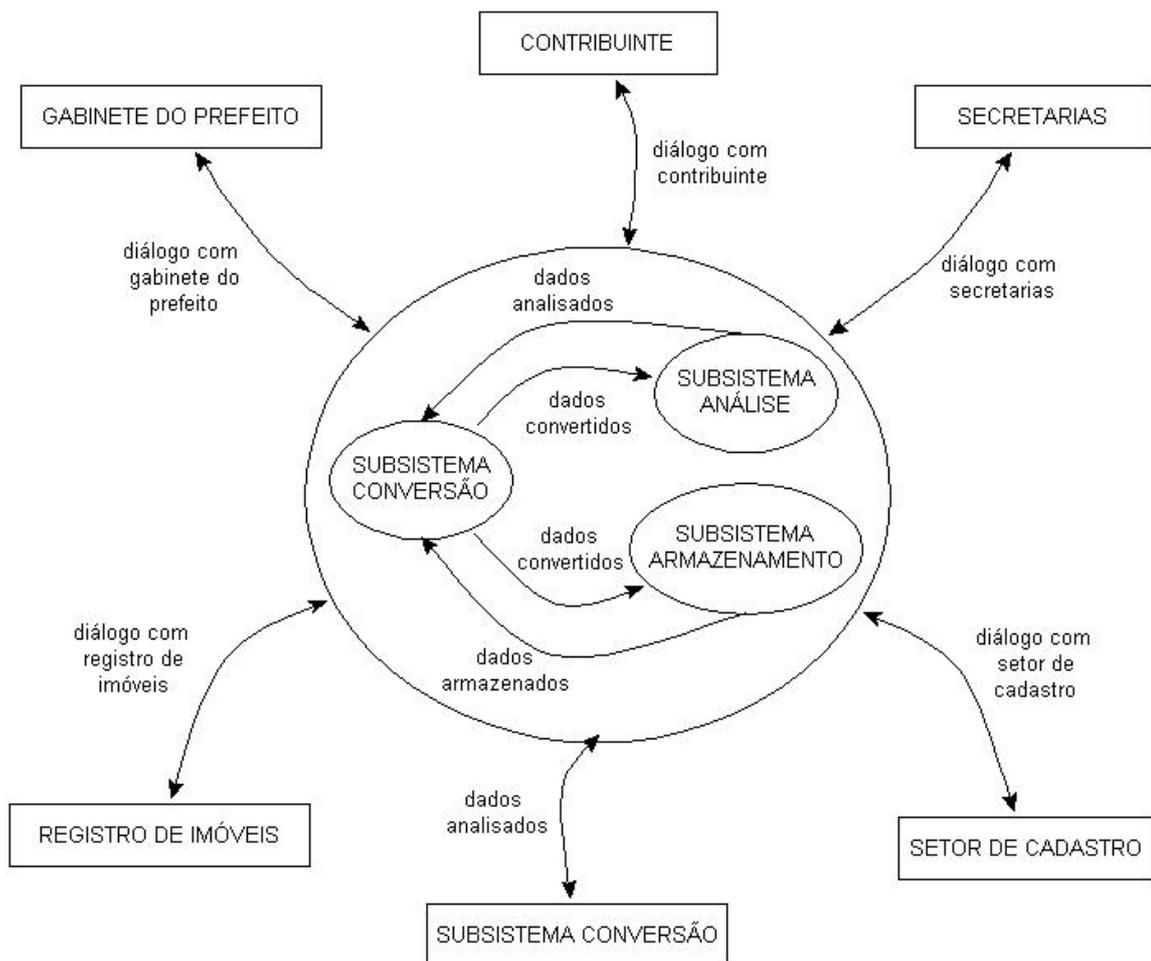


Figura 24 – Diagrama de Contexto Geral do Sistema



Figura 25 – Diagrama de Contexto do Subsistema Armazenamento



Figura 26 – Diagrama de Contexto do Subsistema Conversão

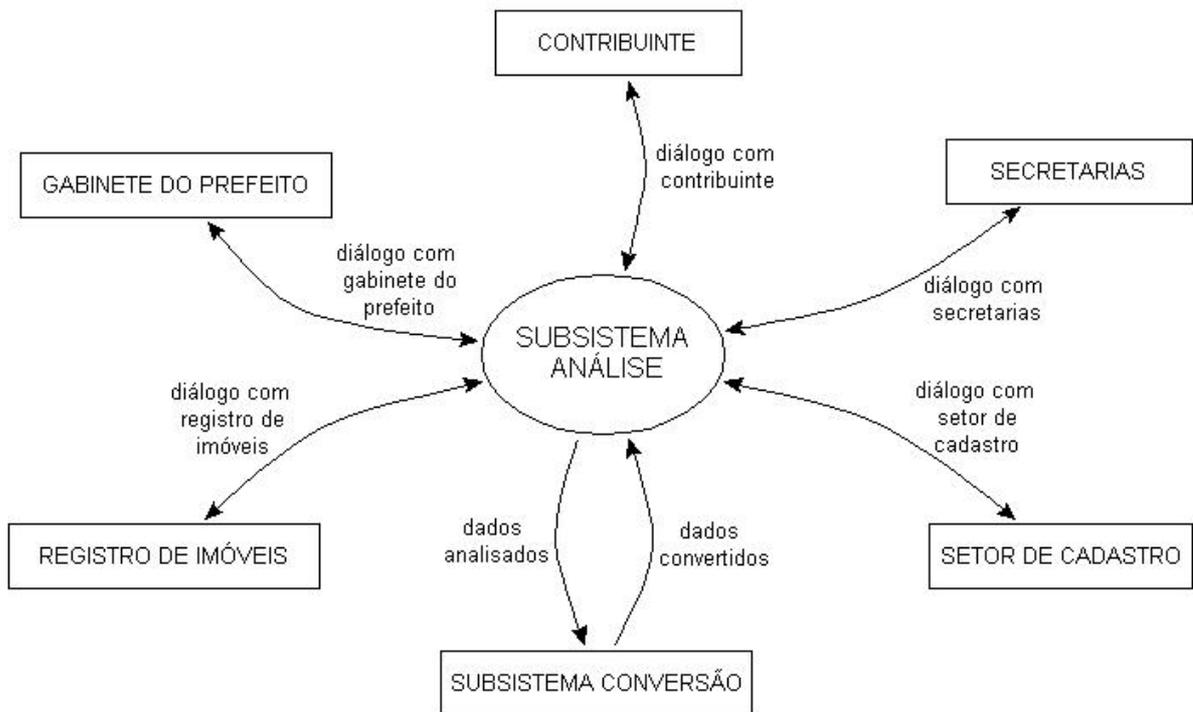


Figura 27 – Diagrama de Contexto do Subsistema Análise

6.2.3 – Diagramas de Fluxo de Dados – DFD

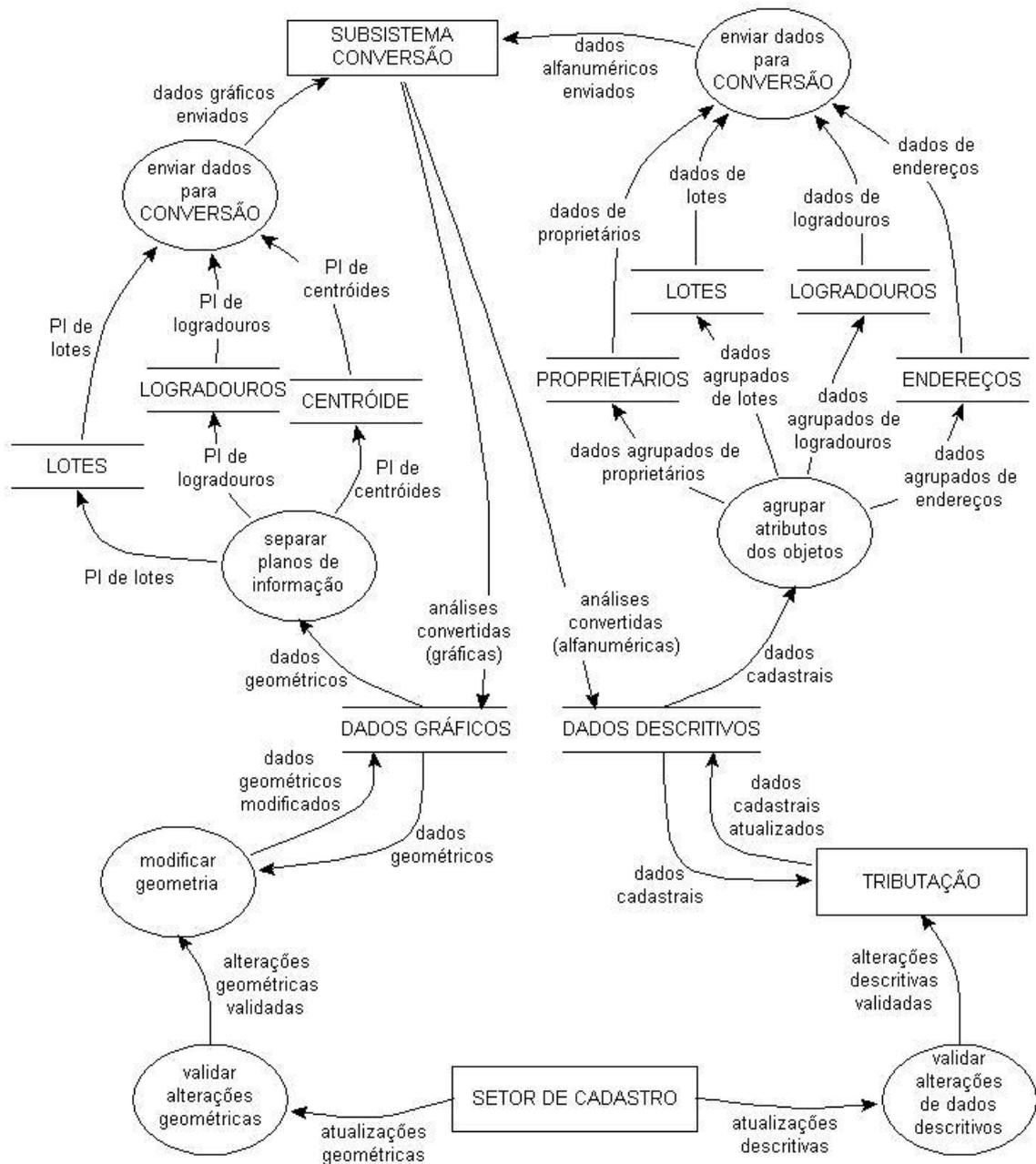


Figura 28 – DFD do Subsistema Armazenamento

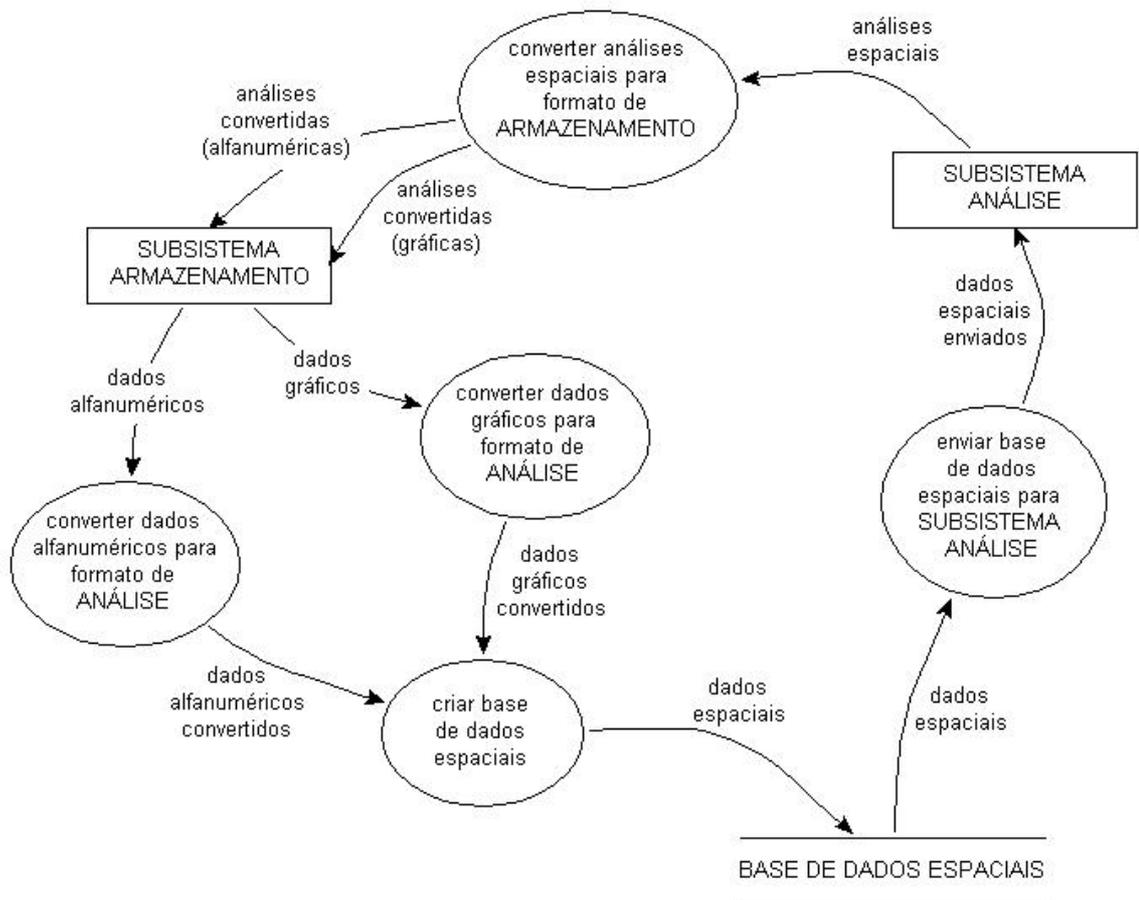


Figura 29 – DFD do Subsistema Conversão

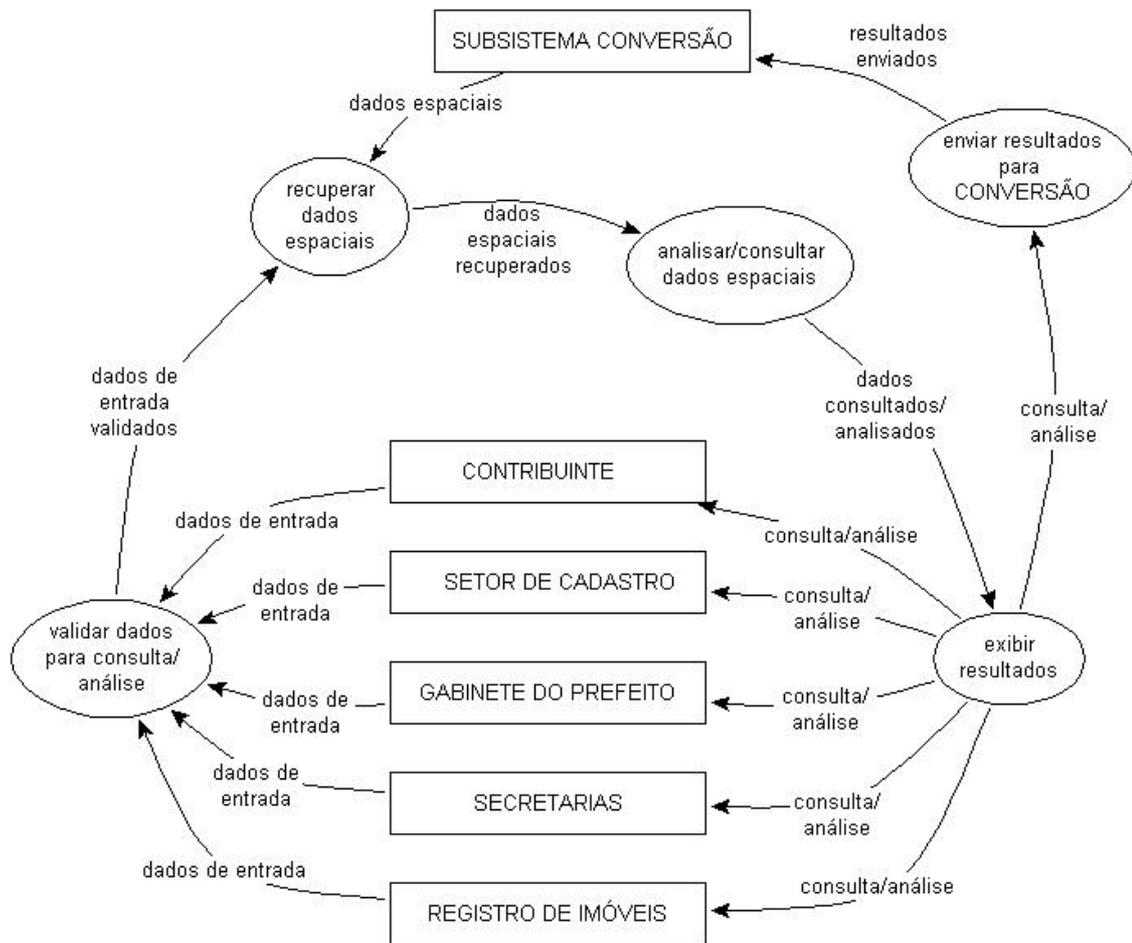


Figura 30 – DFD do Subsistema Análise

6.2.4 – Análise de Frequência de Frases – AFF

Tabela 1 – Resultado da AFF

Cadastro	<ul style="list-style-type: none">▪ Armazenar dados gráficos e descritivos▪ Arrecadar tributos▪ Atualizar dados cadastrais▪ Automatizar procedimentos▪ Gerenciar dados espaciais▪ Planejar ambiente urbano
Contribuinte	<ul style="list-style-type: none">▪ Pagar impostos▪ Realizar consultas▪ Receber informações do sistema
Dados descritivos	<ul style="list-style-type: none">▪ Compor base de dados espacial▪ Fornecer dados para tributação
Dados espaciais	<ul style="list-style-type: none">▪ Abranger área urbana▪ Gerenciar cadastro imobiliário▪ Implementar SIG▪ Produzir mapas▪ Subsidiar atividades de planejamento
Dados gráficos	<ul style="list-style-type: none">▪ Compor base de dados espacial▪ Possuir referência geodésica
Imóvel	<ul style="list-style-type: none">▪ Fornecer dados de situação ao contribuinte▪ Fornecer dados para tributação▪ Produzir informações sobre propriedade
Logradouro	<ul style="list-style-type: none">▪ Compor base de dados espaciais▪ Produzir informações e sinais de controle▪ Produzir mapas
Lote	<ul style="list-style-type: none">▪ Compor base de dados espaciais▪ Gerenciar dados espaciais▪ Produzir informações e sinais de controle▪ Registrar informações gráficas
Mapa	<ul style="list-style-type: none">▪ Compor entrada de dados do SIG▪ Enviar dados para impressão▪ Exibir dados no monitor
Município	<ul style="list-style-type: none">▪ Atualizar sistematicamente o Cadastro Imobiliário▪ Elaborar Plano Diretor▪ Fornecer dados aos contribuintes▪ Gerenciar dados espaciais
Prefeitura	<ul style="list-style-type: none">▪ Disponibilizar dados para as secretarias▪ Fornecer dados aos contribuintes▪ Lançar tributos▪ Manter bases cadastrais atualizadas▪ Planejar ocupação urbana
Proprietário	<ul style="list-style-type: none">▪ Fornecer dados para tributação▪ Produzir informações e sinais de controle▪ Receber dados do sistema

6.2.5 – Diagrama Entidade-Relacionamento – DER

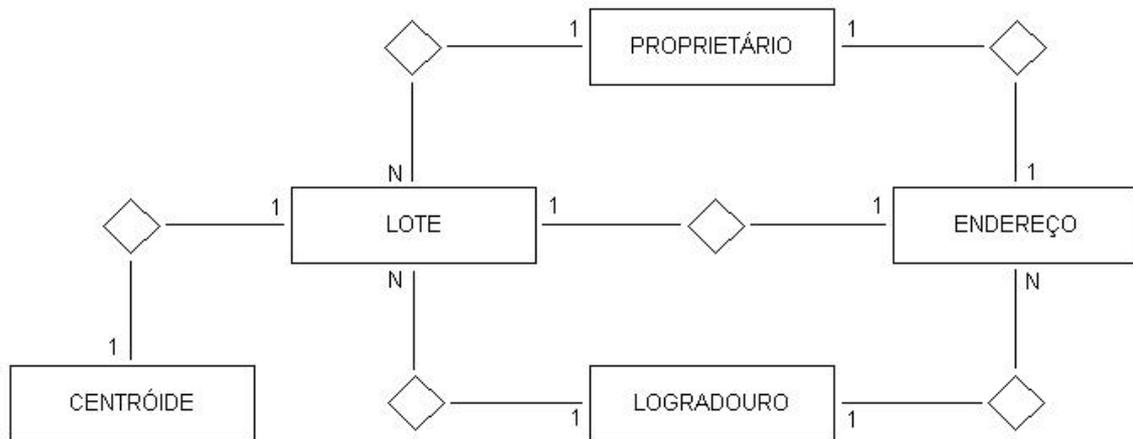


Figura 31 – DER do Sistema

6.2.6 – Diagrama de Domínio Espacial – DDE

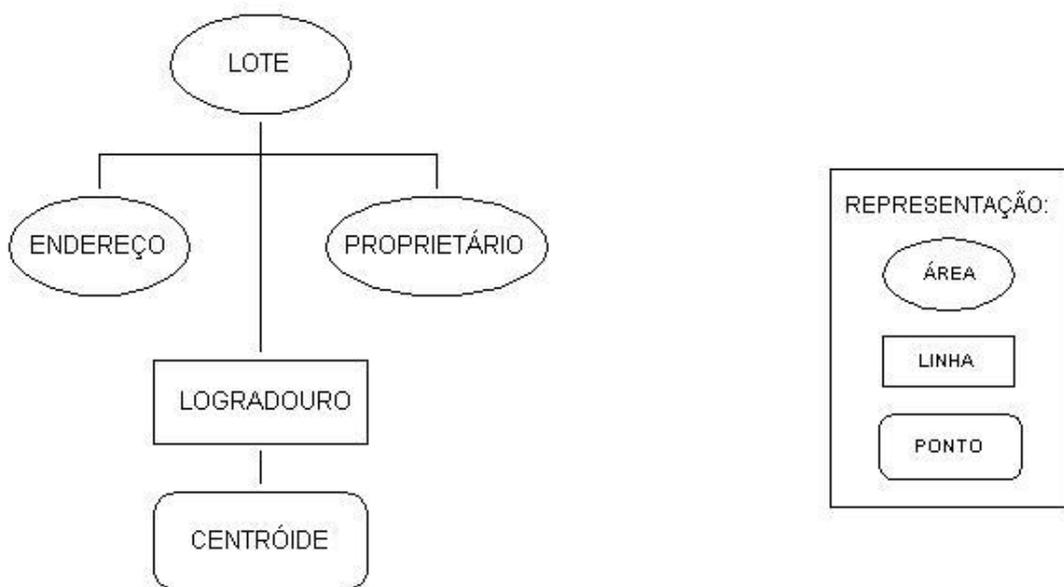


Figura 32 – DDE do Sistema

6.2.7 – Modelo Evento-Resposta

Tabela 2 – Resultado do Modelo Evento-Resposta

EVENTOS	RESPOSTAS
1. Atualização de dados gráficos	A. Receber dados do Setor de Cadastro B. Validar atualizações geométricas C. Recuperar base de dados gráficos D. Modificar geometria da base de dados gráficos
2. Atualização de dados descritivos	A. Receber dados do Setor de Cadastro B. Validar alterações de dados descritivos C. Fornecer dados ao sistema de tributação D. Armazenar alterações
3. Conversão de dados gráficos	A. Separar dados gráficos em planos de informação B. Enviar dados para Subsistema Conversão C. Converter dados gráficos para formato do Subsistema Análise D. Criar base de dados espaciais E. Receber dados analisados do Subsistema Análise F. Enviar dados analisados para o Subsistema Armazenamento
4. Conversão de dados descritivos	A. Agrupar atributos dos objetos B. Enviar dados para Subsistema Conversão C. Converter dados alfanuméricos para formato do Subsistema Análise D. Criar base de dados espacial
5. Base de dados espaciais	A. Importar dados alfanuméricos convertidos B. Importar dados gráficos convertidos C. Combinar dados alfanuméricos e gráficos D. Enviar dados para Subsistema Análise
6. Proprietário	A. Informar novos dados de Proprietário B. Solicitar consultas e análises C. Receber resultados do sistema
7. Secretarias e Gabinete do Prefeito	A. Fornecer bases de dados para o sistema B. Realizar consultas e análises C. Receber resultados do sistema
8. Registro de Imóveis	A. Fornecer dados legais de propriedade ao sistema periodicamente B. Recuperar alterações ocorridas na base de dados espaciais periodicamente
9. Consulta ao sistema	A. Receber dados de entrada via diálogo homem-máquina B. Validar dados fornecidos para consulta C. Recuperar dados espaciais do Subsistema Conversão D. Consultar/analisar dados espaciais E. Enviar resultados para exibição F. Enviar resultados para Subsistema Conversão G. Imprimir resultados

6.2.8 – Lista dos Componentes do Sistema

O Anexo 1 mostra todos os componentes (classes, atributos, serviços e mensagens) do sistema modelado. Cada componente será descrito detalhadamente nos subitens seguintes.

6.2.9 – Descrição de Classes

BASE DE DADOS ESPACIAIS

Este objeto armazena a Base de Dados Espaciais e preserva os dados gráficos e descritivos com os relacionamentos espaciais. BASE DE DADOS ESPACIAIS fornece dados para o Subsistema Análise.

CENTRÓIDE

Este objeto armazena o número cadastral de inscrição e um par de coordenadas (x,y) contido no interior da área delimitada pelo objeto lote. CENTRÓIDE registra univocamente informações de um, e apenas um, objeto LOTE.

DADOS DESCRITIVOS

Base de dados descritivos que armazena a descrição dos objetos LOTE, LOGRADOURO, ENDEREÇO e PROPRIETÁRIO. Pode estar em formato analógico ou digital.

DADOS GRÁFICOS

Base de dados gráficos que armazena os atributos geométricos dos objetos LOTE, LOGRADOURO e CENTRÓIDE. Pode estar em formato analógico ou digital.

ENDEREÇO

Este objeto identifica o objeto LOTE através do seu endereço: número cadastral de inscrição, código do logradouro, número e bairro. Apesar de aparentemente redundante – já que cada objeto ENDEREÇO se relaciona obrigatoriamente com um objeto LOTE – a utilização deste objeto pode ser muito útil para as entidades externas do sistema que não trabalham diretamente com o número cadastral de inscrição.

LOGRADOURO

Objeto que registra as informações referentes aos logradouros do município, bem como alguns serviços públicos colocados à disposição pela prefeitura: código do logradouro, tipo, nome do logradouro, CEP – Código de Endereçamento Postal, largura média, tipo de pavimento, iluminação pública, coleta de lixo, esgotamento sanitário, abastecimento d'água e telefonia.

LOTE

Este objeto armazena todas as informações referentes aos lotes e às edificações como: número cadastral de inscrição, código do proprietário, área do lote, área construída, comprimento da testada, tipo de uso, ocupação, padrão construtivo e valor venal.

PROPRIETÁRIO

Armazena as informações relativas aos contribuintes do município: código do proprietário, nome completo e endereço do proprietário.

6.2.9 – Descrição de Atributos

abastecimento_dágua (LOGRADOURO)

Campo lógico que registra o abastecimento d'água em um trecho de LOGRADOURO.

área_construída (LOTE)

Campo numérico. Área construída em um LOTE.

área_lote (LOTE)

Campo numérico. Área total do LOTE.

bairro (ENDEREÇO)

Campo alfanumérico. O bairro no qual o ENDEREÇO está localizado.

cep_logradouro (LOGRADOURO)

Campo alfanumérico. Registra o CEP do LOGRADOURO.

coleta_lixo (LOGRADOURO)

Campo lógico. Registra a coleta de lixo em um trecho de LOGRADOURO.

comprimento_testada (LOTE)

Campo numérico. Armazena o comprimento da testada de um LOTE.

coord_x (CENTRÓIDE)

Campo numérico. Armazena o valor da coordenada X que define a posição CENTRÓIDE dentro do LOTE.

coord_y (CENTRÓIDE)

Campo numérico. Armazena o valor da coordenada Y que define a posição CENTRÓIDE dentro do LOTE.

endereço_proprietário (PROPRIETÁRIO)

Campo alfanumérico. Registra o endereço completo para correspondência do PROPRIETÁRIO do LOTE.

esgotamento_sanitário (LOGRADOURO)

Campo lógico. Registra a presença de esgotamento sanitário em um trecho de LOGRADOURO.

id_logradouro (LOGRADOURO)

Campo alfanumérico. Código que identifica univocamente cada LOGRADOURO. Equivale ao Código de Logradouro do Cadastro de Logradouros do município.

id_lote (LOTE)

Campo alfanumérico. Código que identifica univocamente cada LOTE. Corresponde ao Código de Inscrição Imobiliária do município (por exemplo: Distrito-Setor-Quadra-Lote).

id_proprietário (PROPRIETÁRIO)

Campo alfanumérico. Código que identifica univocamente cada PROPRIETÁRIO. Corresponde a um código único, como o CPF/CNPJ do PROPRIETÁRIO.

iluminação_pública (LOGRADOURO)

Campo lógico. Registra a presença do serviço de iluminação pública em um trecho de LOGRADOURO.

largura_média (LOGRADOURO)

Campo numérico. Armazena a largura média do LOGRADOURO.

nome_logradouro (LOGRADOURO)

Campo alfanumérico. Registra o nome completo do LOGRADOURO.

nome_proprietário (PROPRIETÁRIO)

Campo alfanumérico. Registra o nome completo do PROPRIETÁRIO.

número_edificação (ENDEREÇO)

Campo alfanumérico. Registra o número da edificação em um ENDEREÇO e seus complementos.

ocupacao_lote (LOTE)

Campo alfanumérico. Armazena o tipo de ocupação de um LOTE.

padrão_construtivo (LOTE)

Campo alfanumérico. Armazena o padrão construtivo das edificações em um LOTE.

telefonia (LOGRADOURO)

Campo lógico. Registra a presença de serviço de telefonia em um trecho de LOGRADOURO.

tipo_de_pavimento (LOGRADOURO)

Campo alfanumérico. Armazena o tipo de pavimento em um trecho de LOGRADOURO.

tipo_de_uso_lote (LOTE)

Campo alfanumérico. Armazena o tipo de uso em um LOTE.

tipo_logradouro (LOGRADOURO)

Campo alfanumérico. Armazena o tipo de um LOGRADOURO. Discrimina o LOGRADOURO como sendo rua, avenida, praça, travessa, dentre outros.

topografia_lote (LOTE)

Campo alfanumérico. Registra o padrão topográfico do LOTE.

valor_metro_quadrado (LOTE)

Campo alfanumérico. Armazena o valor do metro quadrado do LOTE.

6.2.11 – Descrição de Serviços**Agrupar_atributos_dos_objetos**

Este serviço recupera dados de DADOS DESCRITIVOS e agrupa os atributos de LOTE, LOGRADOURO, PROPRIETÁRIO e ENDEREÇO.

Analisar_consultar_dados_espaciais

Este serviço consulta e analisa BASE DE DADOS ESPACIAIS.

Converter_análises_para_Armazenamento

Este serviço converte o resultado das análises de BASE DE DADOS ESPACIAIS para o formato do Subsistema Armazenamento.

Converter_dados_alfanuméricos

Este serviço converte os dados alfanuméricos de LOTE, LOGRADOURO, PROPRIETÁRIO e ENDEREÇO do formato do Subsistema Armazenamento para o formato do Subsistema Análise. Este serviço ainda envia os dados convertidos para o serviço Criar_base_espacial.

Converter_dados_gráficos

Este serviço converte os dados gráficos de LOTE, LOGRADOURO e CENTRÓIDE do formato do Subsistema Armazenamento para o formato do Subsistema Análise. Este serviço ainda envia estes dados para o serviço Criar_base_espacial.

Criar_base_espacial

Este serviço agrupa os dados gráficos e alfanuméricos de CENTRÓIDE, LOTE, LOGRADOURO, ENDEREÇO e PROPRIETÁRIO e cria BASE DE DADOS ESPACIAIS.

Enviar_análises_para_Conversão

Este serviço envia os resultados da análise de BASE DE DADOS ESPACIAIS para o serviço Converter_Analises_para_Armazenamento.

Enviar_dados_espaciais_para_Análise

Este serviço envia BASE DE DADOS ESPACIAIS para o serviço Recuperar_dados_espaciais.

Enviar_dados_para_Conversão

Este serviço envia os dados gráficos e descritivos de CENTRÓIDE, ENDEREÇO, LOTE, LOGRADOURO e PROPRIETÁRIO para os serviços Converter_dados_gráficos e Converter_dados_alfanuméricos.

Exibir_resultados

Este serviço exibe no monitor o resultado das análises e consultas de BASE DE DADOS ESPACIAIS.

Modificar_geometria

Este serviço recupera DADOS GRÁFICOS armazenados e modifica sua geometria.

Recuperar_dados_espaciais

Este serviço recupera BASE DE DADOS ESPACIAIS e os envia para o serviço Analisar_Consultar_dados_espaciais.

Separar_planos_de_informação

Este serviço separa DADOS GRÁFICOS em planos de informação de LOTE, LOGRADOURO e CENTRÓIDE.

Validar_alterações_descritivas

Este serviço valida as alterações de DADOS DESCRITIVOS impostas ao sistema.

Validar_alterações_gráficas

Este serviço valida as alterações de DADOS GRÁFICOS impostas ao sistema.

Validar_dados_para_consulta_análise

Este serviço valida a entrada de dados para consulta ou análise de BASE DE DADOS ESPACIAIS.

6.2.12 – Descrição de Mensagens

Alterações Alfanuméricas Validadas

Uma mensagem é enviada pela entidade externa **Setor de Cadastro** através de Validar_alteracoes_alfanumericas para a entidade externa **Tributação** armazenar as informações alteradas de DADOS DESCRITIVOS.

Alterações Gráficas Validadas

Uma mensagem é enviada pela entidade externa **Setor de Cadastro** através de Validar_alterações_gráficas para DADOS GRAFICOS.Modificar_geometria.

Analises Espaciais

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Analisar_consultar_dados_espaciais para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Exibir_resultados.

Analises Espaciais Convertidas

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Converter_análises_para_Armazenamento para DADOS GRAFICOS e DADOS DESCRITIVOS armazenarem as análises espaciais em estruturas próprias.

Atualização Dados Alfanuméricos

Uma mensagem é enviada da entidade externa **Setor de Cadastro** para DADOS DESCRITIVOS.Validar_alterações_descritivas perguntando “As alterações de dados descritivos impostas ao sistema são válidas?”.

Atualização Dados Gráficos

Uma mensagem é enviada da entidade externa **Setor de Cadastro** para DADOS GRAFICOS.Validar_alterações_gráficas perguntando “As alterações de dados gráficas impostas ao sistema são válidas?”.

Consulta Analise

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Exibir_resultados para as entidades externas **Contribuinte, Setor de Cadastro, Gabinete do Prefeito, Secretarias e Registro de Imóveis**, como também para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Enviar_análises_para_Conversão, contendo os resultados das análises.

Dados Alfanuméricos

Uma mensagem é enviada de LOTE, LOGRADOURO, ENDEREÇO ou PROPRIETÁRIO.Enviar_dados_para_Conversão para LOTE, LOGRADOURO, ENDEREÇO ou PROPRIETÁRIO.Converter_dados_alfanuméricos.

Dados Alfanuméricos Atualizados

Uma mensagem é enviada da entidade externa *Tributação* para DADOS DESCRITIVOS atualizando seu conteúdo.

Dados Alfanuméricos Convertidos

Uma mensagem é enviada de LOTE, LOGRADOURO, ENDEREÇO ou PROPRIETÁRIO.Converter_dados_alfanuméricos para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Criar_base_espacial.

Dados Alfanuméricos Enviados

Uma mensagem é enviada de LOTE, LOGRADOURO, ENDEREÇO ou PROPRIETÁRIO.Enviar_dados_para_Conversão para LOTE, LOGRADOURO, ENDEREÇO ou PROPRIETÁRIO.Converter_dados_alfanuméricos.

Dados Endereço Agrupados

Uma mensagem é enviada de DADOS DESCRITIVOS.Agrupar_atributos__dos_objetos para ENDEREÇO atualizando seu conteúdo.

Dados Entrada

Uma mensagem é enviada das entidades externas **Contribuinte, Setor de Cadastro, Gabinete do Prefeito, Secretarias e Registro de Imóveis** para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Validar_dados_para_consulta_análise perguntando “Os dados de entrada fornecidos são válidos para esta consulta ou análise?”.

Dados Entrada Validados

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Validar_dados__para_consulta_análise para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Recuperar_dados__espaciais.

Dados Espaciais

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Enviar_dados__espaciais_para_Análise para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Recuperar_dados__espaciais.

Dados Espaciais Consultados Analisados

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Analisar__consultar_dados_espaciais para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Exibir_resultados.

Dados Espaciais Enviados

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Enviar_análises__para_Conversao para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Converter_Analises_para__Armazenamento.

Dados Espaciais Recuperados

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Recuperar_dados_espaciais para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Analisar_consultar_dados_espaciais.

Dados Gráficos

Uma mensagem é enviada de LOTE, LOGRADOURO ou CENTRÓIDE.Enviar_dados_para_Conversão para LOTE, LOGRADOURO, ou CENTRÓIDE.Converter_dados_gráficos.

Dados Gráficos Atualizados

Uma mensagem é enviada DADOS GRAFICOS.Modificar_geometria para DADOS GRAFICOS atualizando seu conteúdo.

Dados Gráficos Convertidos

Uma mensagem é enviada de LOTE, LOGRADOURO ou CENTRÓIDE.Converter_dados_gráficos para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Criar_base_espacial.

Dados Gráficos Enviados

Uma mensagem é enviada de LOTE, LOGRADOURO ou CENTRÓIDE.Enviar_dados_para_Conversão para LOTE, LOGRADOURO ou CENTRÓIDE.Converter_dados_gráficos.

Dados Logradouro Agrupados

Uma mensagem é enviada de DADOS DESCRITIVOS.Agrupar_atributos_dos_objetos para LOGRADOURO atualizando seu conteúdo.

Dados Lote Agrupados

Uma mensagem é enviada de DADOS DESCRITIVOS.Agrupar_atributos_dos_objetos para LOTE atualizando seu conteúdo.

Dados Proprietário Agrupados

Uma mensagem é enviada de DADOS DESCRITIVOS.Agrupar_atributos_dos_objetos para PROPRIETÁRIO atualizando seu conteúdo.

Plano Informação Centróide

Uma mensagem é enviada de DADOS GRÁFICOS.Separar_planos_de_informação para CENTRÓIDE atualizando seu conteúdo.

Plano Informação Logradouro

Uma mensagem é enviada de DADOS GRÁFICOS.Separar_planos_de_informação para LOGRADOURO atualizando seu conteúdo.

Plano Informação Lote

Uma mensagem é enviada de DADOS GRÁFICOS.Separar_planos_de_informação para LOTE atualizando seu conteúdo.

Resultados Enviados

Uma mensagem é enviada de BASE DE DADOS ESPACIAIS.Enviar_resultados_ _para_Conversão para BASE DE DADOS ESPACIAIS.Converter_análises_ _para_Armazenamento.

6.3 – Implementação do Sistema

A terceira etapa do processo de Modelagem de Dados Espaciais consiste na implementação do sistema. É a aplicação dos resultados obtidos nas duas etapas anteriores (Abstração do Mundo Real e Elaboração do Modelo Conceitual) na construção de um Modelo Físico.

A ligação entre dados gráficos e descritivos é feita através de um identificador único, que pertença simultaneamente a ambos. Nesta pesquisa, que utilizou dados de um Cadastro Imobiliário, o identificador único escolhido foi a Inscrição Cadastral do imóvel.

O exemplo de ligação entre dados gráficos e descritivos apresentado na Figura 33 é o resultado final do processo interno de associação de dados do SPRING. O destaque em verde mostra que a ligação foi realizada através da Inscrição Cadastral do imóvel.

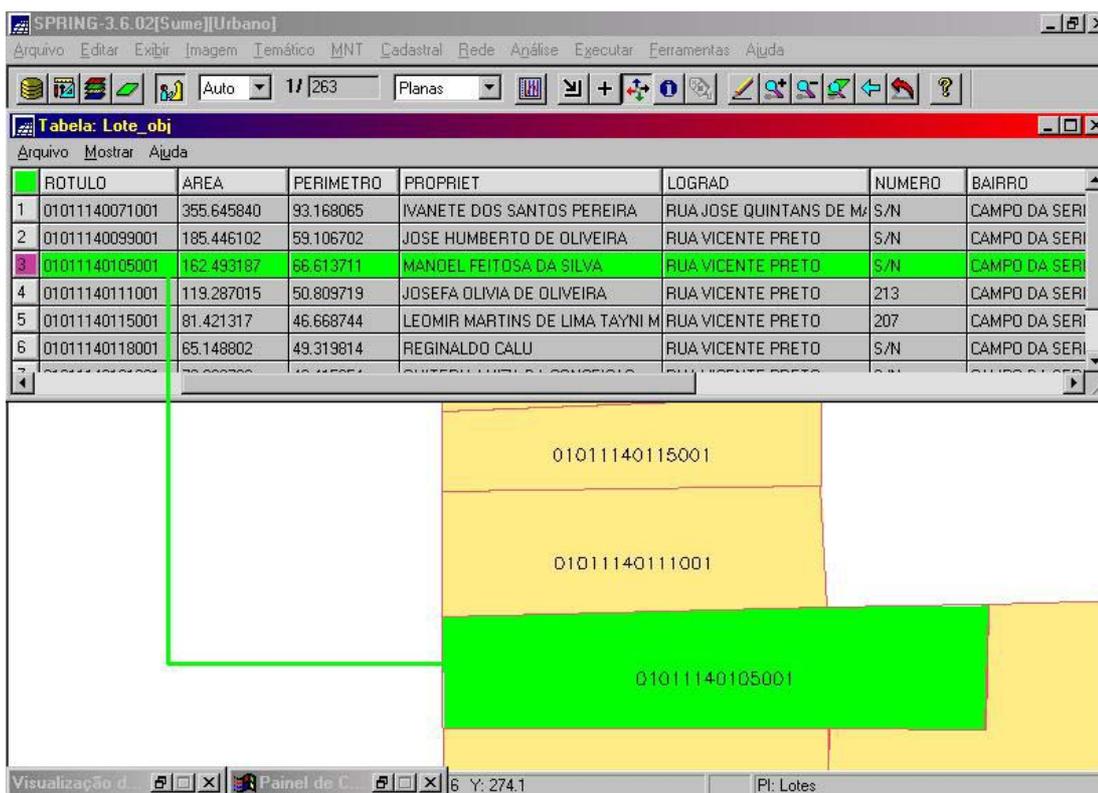


Figura 33 – Ligação entre Dados Gráficos e Descritivos no SPRING

A implementação do sistema consistiu em basicamente duas etapas:

- Tratamento dos Dados Espaciais; e,
- Desenvolvimento dos Programas para Conversão de Dados.

6.3.1 – Tratamento dos Dados Espaciais

O tratamento dos dados gráficos e descritivos, coletados para a implementação do sistema, resumiu-se praticamente à verificação da presença de inconsistências.

Esta simplificação ocorreu devido à qualidade que os dados coletados apresentaram. A eficiência do mecanismo de atualização de sua base de dados do Setor de Cadastro da PMS pôde ser comprovada pela total correlação entre os dados gráficos e descritivos da área de teste.

As verificações que devem ser executadas, via de regra, nos arquivos gráficos dizem respeito à presença de arcos duplicados ou cruzados, polígonos abertos, ausentes ou codificados de maneira equivocada. Esses erros podem ser originados tanto por fatores computacionais como humanos. Sendo detectada a presença de algum desses erros haverá a necessidade de uma etapa de edição dos dados gráficos.

Os dados gráficos, fornecidos em formato .DWG do AutoCAD, apresentaram uniformidade na distribuição dos objetos em planos de informação distintos, não requerendo uma etapa de edição gráfica ou conversão. Na verificação realizada não foram encontrados problemas de entidades descontínuas, abertas ou duplicadas. Estes fatos atestaram que, mesmo sem ainda estarem georreferenciados, o tratamento que vem sendo realizado na conversão analógico-digital dos dados gráficos do Setor de Cadastro pela PMS é criterioso e visa atender um padrão mínimo para SIG.

As conclusões da verificação dos dados descritivos – advindos do banco de dados de tributação, em formato MDB do Microsoft Access – são praticamente as mesmas. Não foram verificadas discrepâncias quanto ao arquivo gráfico, redundância ou ausência de registros na área de teste considerada.

Entretanto, a verificação realizada mostrou que a base de dados descritivos é muito simples, ou seja, armazena o mínimo de informações necessárias para as atividades de tributação. Este fato reforça o caráter exclusivamente fiscal que historicamente foi dado ao Cadastro Imobiliário da PMS.

6.3.2 – Programas Desenvolvidos

Durante a implementação do sistema, foram desenvolvidos programas para converter dados entre o CAD, o SGBD e o SIG. O principal objetivo com a elaboração de programas é fornecer dados para o SIG em um formato adequado às suas especificações. Dessa forma, o operador do sistema pode eliminar atividades repetitivas ou que demandariam um nível mais alto de treinamento, já que estão envolvidas conversões entre o CAD e o SIG, e entre o SGBD e o SIG. Em segundo

plano, o desenvolvimento de tais programas é uma das maneiras de facilitar a manutenção do sistema em funcionamento.

Os programas computacionais escolhidos nesta pesquisa para cumprirem as funções de CAD, SGBD e SIG foram, respectivamente, o AutoCAD, o Microsoft Access e o SPRING. Os programas desenvolvidos no início da implementação tiveram a função de transformar os dados do AutoCAD para o SPRING.

A entidade gráfica Lote é armazenada em um plano de informação através de linhas fechadas (o primeiro vértice coincidindo com o último), cor vermelho. Como LOTE é o objeto básico para a implementação do sistema modelado, foi escrita uma rotina em linguagem *Visual Basic* para ser executada internamente no AutoCAD que converte o arquivo gráfico do formato DWG original para DXF correspondente à especificação de entrada de dados do SPRING. O arquivo de saída da rotina é chamado **base_grafica.DXF**. O conteúdo desta rotina, chamada **exp_dxf12.DVB**, consta no Anexo 2.

O AutoCAD armazena também um plano de informação contendo a Inscrição Cadastral do imóvel. A entidade gráfica Inscrição encontra-se em formato texto na cor vermelho. Um programa em linguagem AutoLISP foi escrito para criar a classe CENTRÓIDE a partir do plano de informação Inscrição.

De maneira resumida, este programa – chamado **listcent.LSP** – seleciona todas as entidades gráficas do tipo texto presentes na base de dados gráficos, separa as que estão contidas no plano de informação Inscrição, captura o par de coordenadas (x,y) no qual a entidade foi inserida e o valor literal do texto de cada uma, organiza uma listagem e a escreve em um arquivo ASCII adequado às especificações do SPRING. O arquivo de saída foi chamado **centroid.SPR**. Um exemplo do resultado desta conversão pode ser verificado na Figura 34. O conteúdo do programa **listcent.LSP** é apresentado no Anexo 3.

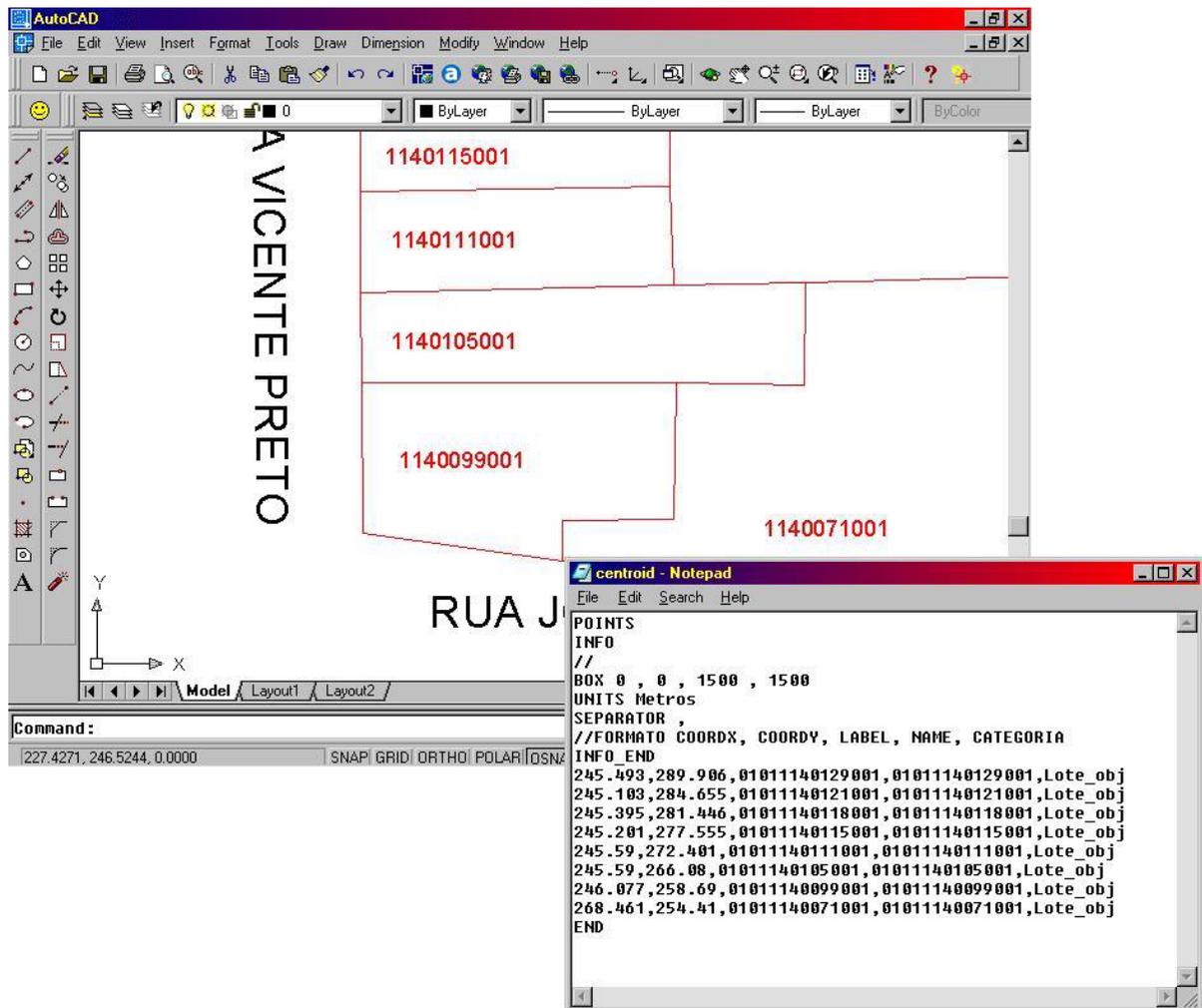


Figura 34 – Arquivo de Saída do Programa **listcent.LSP**.

Para que o AutoCAD carregue a rotina e o programa desenvolvidos, foi criada uma barra de ferramentas personalizada com um botão que automatiza as duas operações, executando-as de maneira seqüenciada. Esse cuidado foi tomado para reduzir o número de intervenções do operador do sistema sobre os comandos do AutoCAD. Dessa forma, clicando apenas uma vez sobre o botão, os dois arquivos de saída (**dados_graficos.DXF** e **centroid.SPR**) são enviados para um diretório comum e estão prontos para serem lidos pelo SPRING. A Figura 35 mostra o botão da barra de ferramentas personalizada no AutoCAD.

A conversão de dados do Access para o SPRING tem início com uma consulta gerada no Access que recupera as informações referentes à classe LOTE e as separa em uma nova tabela. O conteúdo da consulta, chamada **individualizar LOTE**, está apresentado em linguagem SQL no Anexo 4.

A etapa seguinte ao agrupamento da classe LOTE em uma tabela única é a exportação para um arquivo ASCII. Para atender à entrada de dados do SPRING, foi desenvolvida uma especificação de formato personalizada para exportação. O arquivo ASCII, chamado **temp.TXT**, contém apenas os dados da tabela de agrupamento de LOTE separados por “;”.



Figura 35 – Botão da Barra de Ferramentas Personalizada no AutoCAD.

Para finalizar o processo de conversão de dados do Access para o SPRING, foi escrito um programa em linguagem Fortran. Resumidamente, o programa – chamado **convert.F90** – cria um novo arquivo em branco, escreve o *header* adequado, copia todos os dados de **temp.TXT**, acrescenta a palavra reservada “END” na última linha e apaga o arquivo **temp.TXT**. O novo arquivo criado, sob o nome **atributos.SPR**, corresponde aos dados descritivos da classe LOTE em formato adequado à leitura pelo SPRING. O conteúdo do programa *convert.F90* consta no Anexo 5.

As etapas de conversão entre o Access e o SPRING são realizadas pela ação de uma macro que executa seqüencialmente a consulta, a exportação para ASCII e o carregamento do programa executável escrito em Fortran. Um exemplo do resultado da conversão de dados do Access para o SPRING pode ser visto na Figura 36.

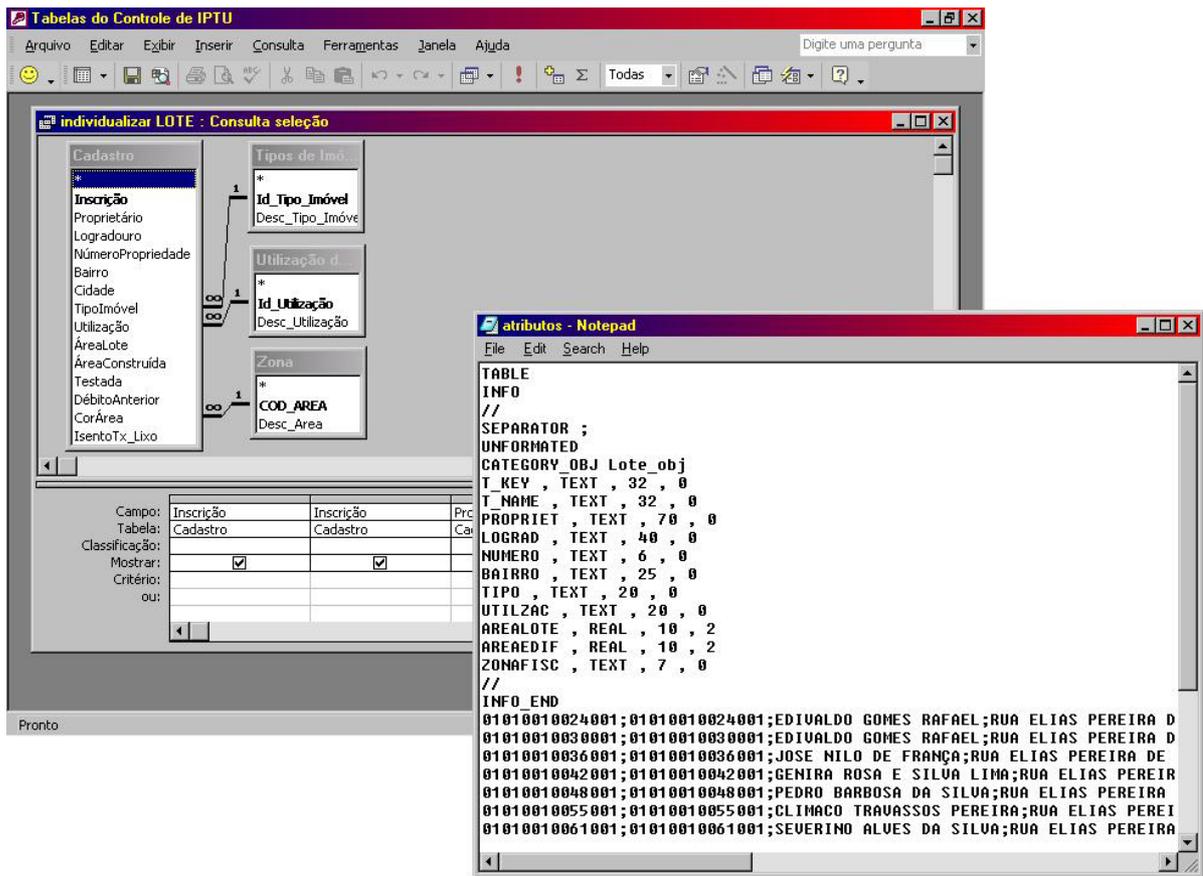


Figura 36 – Arquivo de Saída do Programa **convert.F90**.

Semelhante à operação do AutoCAD para realizar a conversão de dados do Access para o SPRING, foi criada uma barra de ferramentas personalizada com um botão que executa a macro de conversão no Access. A Figura 37 mostra o botão na barra de ferramentas personalizada. Para facilitar as atividades de operação, foi escolhido o mesmo padrão para os botões no AutoCAD e no Access.



Figura 37 – Botão da Barra de Ferramentas Personalizada no Access

6.4 – Recursos Tecnológicos

6.4.1 – Equipamentos Computacionais

Todas as etapas desta pesquisa, que envolveram desenvolvimento de programas e testes de funcionamento do sistema, foram executadas utilizando os seguintes equipamentos computacionais:

- Teclado, *mouse* e *drive* CD-ROM, como dispositivos de entrada de dados;
- 1 (um) processador Pentium Intel MMX 166 MHz e 32 Mb de memória RAM, como dispositivo de processamento de dados; e,
- Monitor e impressora, como dispositivos de saída de dados.

6.4.2 – Programas Computacionais

Esta pesquisa utilizou programas computacionais para apoio às atividades de armazenamento e processamento de dados gráficos (CAD), dados descritivos (Banco de Dados) e um SIG para composição de uma base de dados espaciais. Utilizou, ainda, outros programas desenvolvidos especialmente para a conversão de dados entre o CAD, o Banco de Dados e o SIG.

Os sistemas CAD, SGBD e SIG foram escolhidos levando em consideração critérios de baixo custo e facilidade de operação e manutenção.

6.4.2.1 – CAD

CAD é uma técnica de projeto onde o computador desempenha a função de uma prancheta eletrônica. De maneira simplificada, pode-se dizer que um sistema CAD é um editor gráfico que cria e modifica entidades primitivas, ou objetos geométricos simples. Para o tratamento de arquivos de estrutura vetorial os sistemas CAD apresentam um grande número de recursos. Os mais relevantes são:

- Facilidade de criação de desenhos. Os sistemas CAD contam com ferramentas que auxiliam a precisão do projeto; e,

- Simplicidade para alterações. Um projeto elaborado em sistema CAD pode ser atualizado apenas com poucos passos.

Os primeiros sistemas CAD desenvolvidos requeriam uma grande capacidade de cálculo dos processadores, ficando restritos a computadores de grande porte. Com o aumento da capacidade de processamento, tornou-se possível trazer o projeto por computador para os microcomputadores, aumentando a acessibilidade.

Todos os sistemas CAD podem ser utilizados no processo de confecção de mapas. Etapas de aquisição e transformação de dados de um projeto cartográfico podem se beneficiar da funcionalidade de um sistema CAD, como a digitalização, vetorização, edição de feições, restituição, exibição, entre outros. Os sistemas CAD, entretanto, são especialistas no tratamento da estrutura vetorial de dados. SIG que utilizam mais vetores que matrizes, muitas vezes, se valem dos sistemas CAD para o armazenamento e gerenciamento dos dados gráficos.

O sistema CAD escolhido para a implementação do modelo físico desta pesquisa foi o AutoCAD, desenvolvido pela Autodesk, Inc. O AutoCAD é um sistema complexo a custo relativamente baixo. É um CAD de uso genérico que encontra aplicações nas mais diversas áreas que trabalham com aplicações gráficas. Uma visão da área de trabalho do AutoCAD é apresentada na Figura 38.

O AutoCAD utiliza a terminologia *base de dados gráficos* para definir o conjunto de dados gráficos (cor, dimensão, tipo, coordenadas, plano de informação, entre outros) das entidades primitivas (pontos, linhas, polígonos, volumes) armazenadas. O AutoCAD adota um sistema cartesiano de coordenadas fixas (chamado WCS – *World Coordinate System*) com três eixos perpendiculares entre si (x, y e z) que referencia com coordenadas todas as entidades no desenho. É possível, também, definir um sistema arbitrário de coordenadas.

Dois grandes vantagens presentes no AutoCAD são a sua programabilidade e o formato de armazenamento dos arquivos.

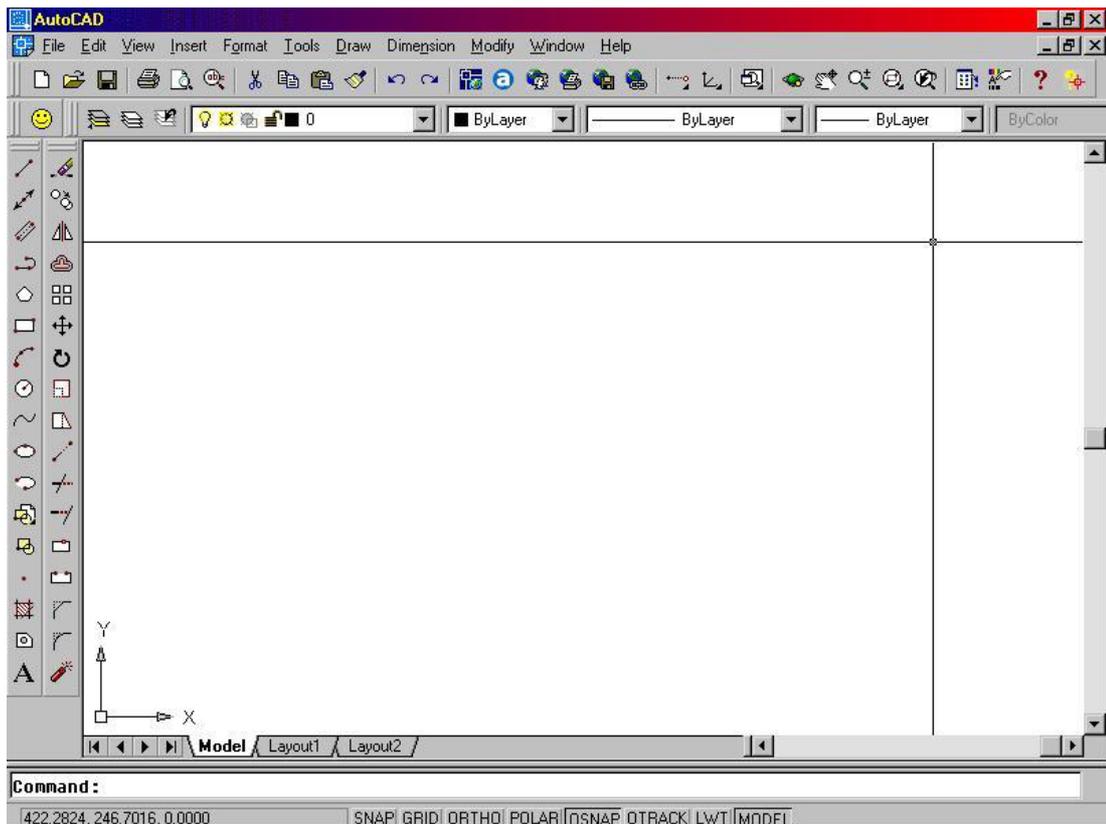


Figura 38 – Área de trabalho do AutoCAD.

Além dos comandos disponíveis nos diversos *menus* – que oferecem uma extensa gama de funções ao usuário – o AutoCAD possui também uma linha de comandos na qual é possível escrever comandos e carregar programas que serão executados pelo sistema. A linha de comando do AutoCAD permite que sejam carregadas muitos comandos, ou combinação destes, que não estão presentes diretamente nos *menus*. É através da linha de comando que são carregados e executados os *scripts* (ou roteiros de comandos) e macros (rotinas de programa) do AutoCAD. A Figura 39 apresenta o detalhe da linha de comando do AutoCAD. Os primeiros são desenvolvidos em uma linguagem de programação derivada do LISP, chamada AutoLisp; os segundos, através de uma biblioteca do Visual Basic para AutoCAD.

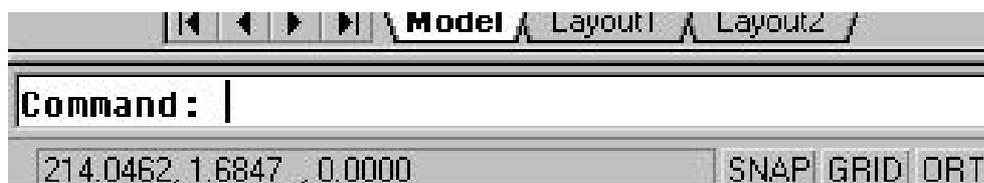


Figura 39 – Detalhe da Linha de Comando do AutoCAD.

Quanto ao formato dos arquivos vetoriais no AutoCAD a grande vantagem é a utilização do formato DXF. Este é, hoje, o formato padrão de intercâmbio de dados entre os mais diversos sistemas que utilizam dados gráficos. O formato DXF foi desenvolvido pela própria Autodesk para facilitar o intercâmbio de arquivos gráficos entre os usuários de diferentes versões do AutoCAD. Um arquivo DXF é um longo arquivo texto em formato ASCII que contém uma descrição completa de um arquivo gráfico. A manipulação direta dos arquivos DXF não é simples, e, portanto, não é recomendada. Entretanto, sendo o formato DXF próprio do AutoCAD, a sua geração neste sistema é, normalmente, desprovida de falhas ou inconsistências.

6.4.2.2 – SGBD

O SGBD escolhido para a implementação do modelo físico desta pesquisa foi o Microsoft Access.

O Microsoft Access utiliza um modelo relacional para estruturar os bancos de dados. O Microsoft Access é capaz de suportar tabelas com até 2 Gigabytes de tamanho e 255 campos, o que garante grande capacidade de armazenamento de dados. A velocidade de acesso dependerá, obviamente, dos recursos do processador. A área de trabalho principal do Microsoft Access é apresentada na Figura 40.

As principais vantagens da utilização do Microsoft Access como SGBD são a interface amigável e a possibilidade de customização através de programas.

Para se tornar um SGBD capaz de ser utilizado por usuários com pouca experiência em bancos de dados, o Microsoft Access fornece um assistente que auxilia em praticamente todas as ações deste usuário. Esta facilidade, aliada a uma interface extremamente amigável, faz com que o Microsoft Access tenha um variado conjunto de aplicações em áreas onde o gerenciamento de dados é relevante.

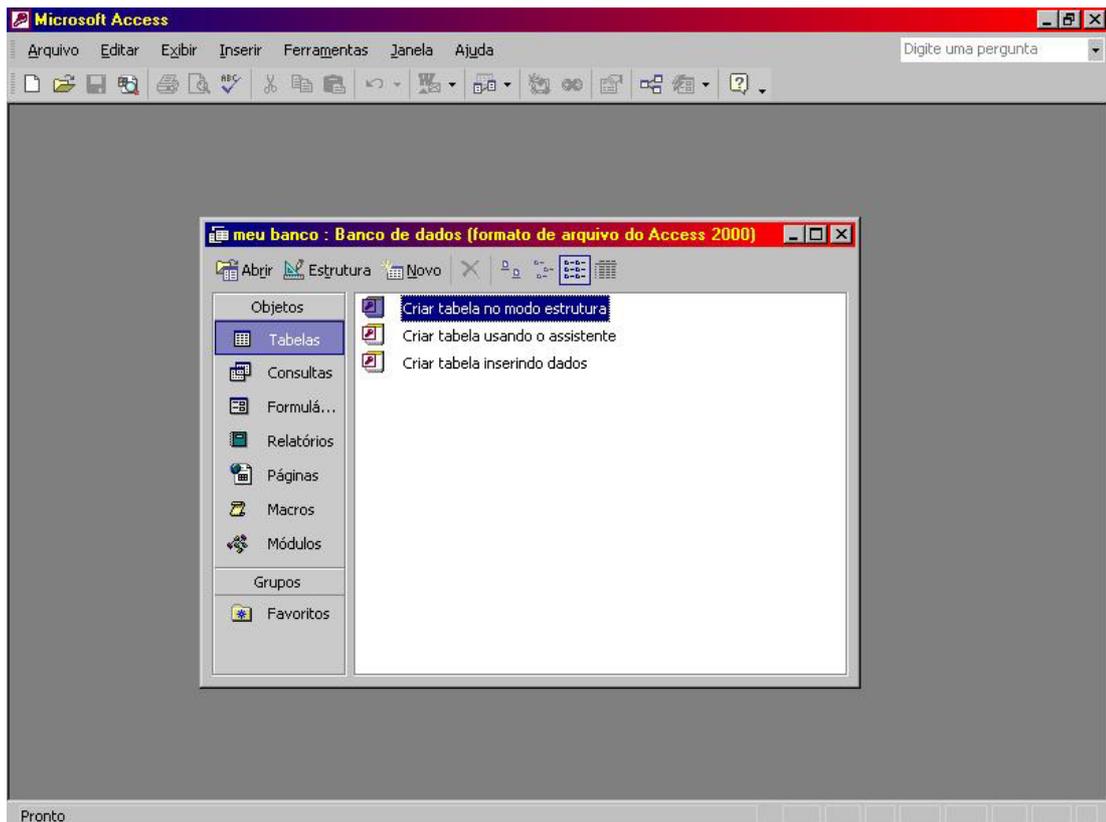


Figura 40 – Área de Trabalho do Microsoft Access.

O Microsoft Access fornece ainda condições de customização através de macros e módulos. O uso de macros é recomendado quando se deseja automatizar tarefas repetitivas ou ações específicas. Uma macro executa automaticamente uma ação ou um série de ações de maneira seqüencial. É possível executar qualquer comando do Microsoft Access através de uma macro. A confecção de macros também é apoiada por um assistente. Os módulos são rotinas que utilizam como linguagem de programação uma biblioteca do Visual Basic para Access. A utilização de módulos amplia sobremaneira a flexibilidade de manipulação de dados.

6.4.2.3 – SIG

O SIG escolhido para a implementação do estudo de caso desta pesquisa foi o SPRING, na sua versão 3.6.02, de julho de 2002.

O nome SPRING é uma abreviatura de **S**istema de **P**rocessamento de **I**nformações **G**eográficas. A sua primeira versão foi lançada em 1991 para

funcionamento em plataforma RISC/UNIX. As versões para Windows só foram lançadas a partir de 1998. O SPRING foi desenvolvido em linguagens C e C++. O SPRING não é um programa computacional livre, ou seja, não se tem acesso ao seu código fonte; encaixa-se na categoria de programa computacional gratuito, distribuído e utilizado sem a cobrança de licença. Os créditos pelo desenvolvimento do SPRING são referidos a CÂMARA et. al. (1996b). A área de trabalho da versão do SPRING utilizada nesta pesquisa pode ser visualizada na Figura 41.

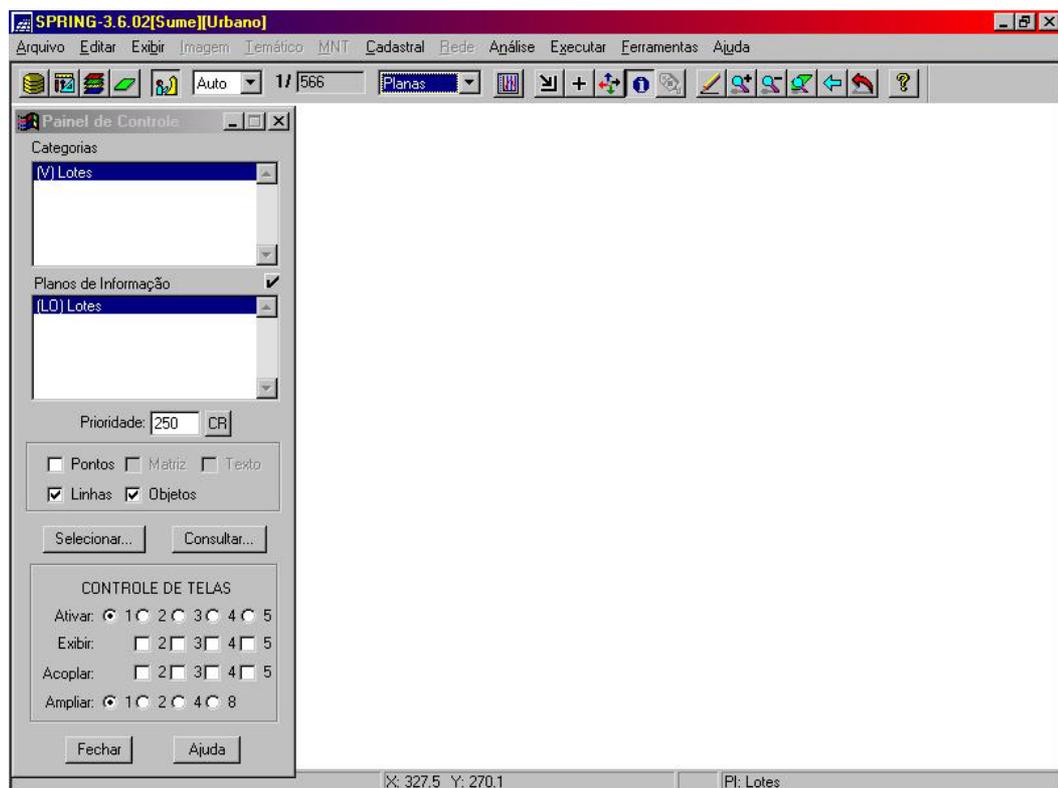


Figura 41 – Área de Trabalho do SPRING.

O SPRING originalmente foi projetado para as finalidades do Sensoriamento Remoto, uma vez que foi desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE. As funções para tratamento de dados vetoriais só foram incorporadas posteriormente, e pouco a pouco, quando os projetistas perceberam a necessidade dos usuários. Hoje, apesar de nem todas as funções para tratamento de dados vetoriais estarem implementadas completamente, o SPRING pode ser considerado um SIG integrado, pois possui tratamento simultâneo para estruturas de dados vetoriais e matriciais.

O SPRING possui funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

A operação do SPRING, entretanto, não é tarefa das mais simples. Existe, por trás do conjunto de funções apresentadas, todo um modelo conceitual de SIG que deve ser estudado e entendido para que se possa tirar o máximo proveito da funcionalidade. Isso faz com que o SPRING tenha, até o presente momento, uma certa rejeição por parte de usuários menos experientes em SIG.

Por exemplo, os dados espaciais utilizados nesta pesquisa provenientes do Cadastro Imobiliário da PMS, que estão no formato vetorial, precisam necessariamente pertencer a um Modelo de Dados apropriado à aplicação, que está inserido em um Projeto, que, por sua vez, está contido em um Banco de Dados. Essa hierarquia define a seqüência de passos da inserção de dados no SPRING: primeiro cria-se um Banco de Dados, em seguida um Projeto, e, por fim, definem-se os Modelos de Dados que irão compor a base de dados da aplicação.

Um Banco de Dados no SPRING corresponde fisicamente a um diretório no qual toda a massa de dados será depositada, e dentro do qual, todas as operações entre objetos serão realizadas. O modelo conceitual do SPRING permite que os dados sejam armazenados em formato do Microsoft Access, dBASE ou Oracle.

No Projeto são definidos o sistema de projeção cartográfica utilizado, o *Datum* planimétrico e o retângulo envolvente, que define a área de trabalho do Projeto.

O Modelo de Dados especifica as categorias e classes, além das características de apresentação visual dos dados e dos atributos. No SPRING toda e qualquer representação espacial deve pertencer a uma categoria. As categorias disponíveis são Temática, Numérica ou Imagem, para os dados em formato matricial; e Rede ou Cadastral para os dados em formato vetorial. É possível ainda utilizar uma categoria Não-espacial para tabelas alfanuméricas, ou seja, para os dados descritivos. Nesta pesquisa os Modelos de Dados utilizados são o Cadastral e o de Redes.

A entrada de dados no SPRING é em tudo semelhante para estes dois tipos de modelos. Três arquivos são requisitados para o processo de entrada de dados dos modelos Cadastral e de Redes: um arquivo com as informações puramente gráficas (geometria dos objetos), um arquivo de identificadores (centróides) e um arquivo com informações descritivas dos objetos (atributos). A junção desses três arquivos formará a base de dados espaciais no Banco de Dados do SPRING.

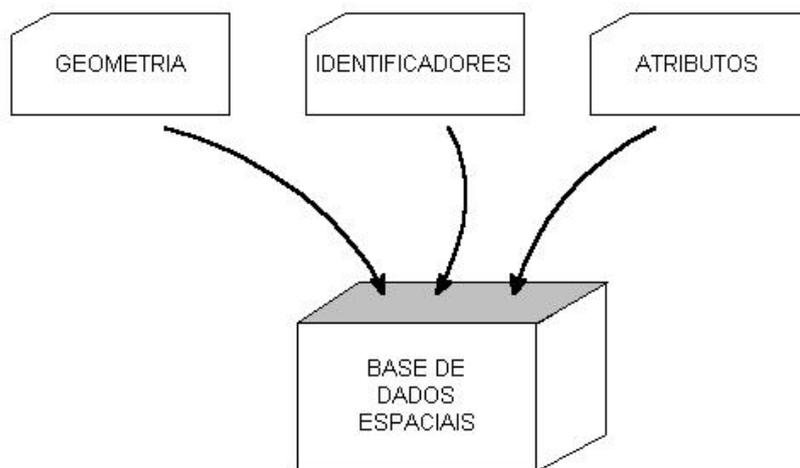


Figura 42 – Representação Esquemática da Entrada de Dados Vetoriais no SPRING.

O SPRING utiliza arquivos no formato ASCII como padrão para a entrada e saída de dados. Com isto, visa facilitar o intercâmbio de dados espaciais e a preparação de rotinas de conversão. A utilização de arquivos ASCII apresenta, entre outras, as seguintes vantagens: legibilidade, independência de representação interna em cada máquina e flexibilidade. Os arquivos ASCII utilizados no SPRING funcionam como *scripts*, ou roteiros com palavras reservadas em inglês (comandos) e dados.

A estrutura destes arquivos é dividida em duas partes principais (Figura 43):

- um *header* (cabeçalho), contendo a identificação do tipo de arquivo e uma seção de tamanho variável de informações relevantes para o usuário de dados; e,
- uma seção de dados, formada pelos dados e atributos dos objetos.

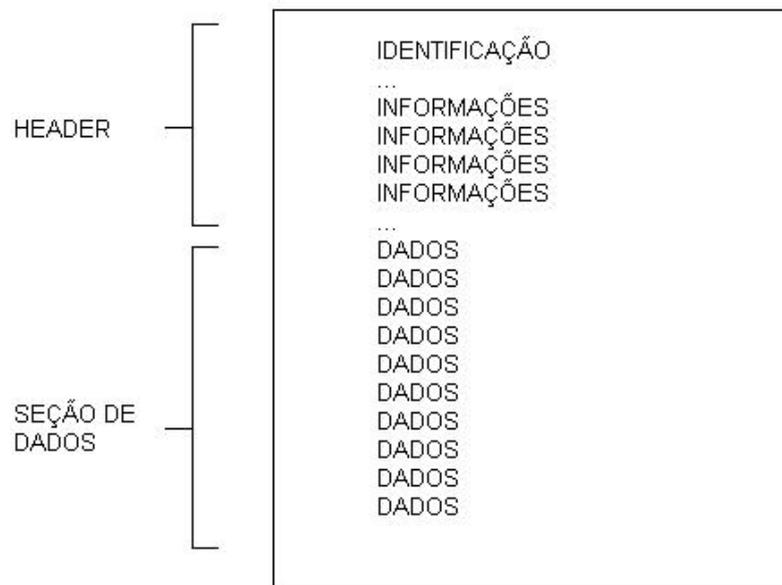


Figura 43 – Representação Esquemática dos Arquivos ASCII do SPRING.

A versão do SPRING utilizada na pesquisa permite que os arquivos gráficos em formato ASCII sejam substituídos por arquivos em formato DXF-R12 (padrão de intercâmbio de dados gráficos presente na maioria dos programas CAD), e que os arquivos de atributos sejam substituídos por tabelas dBASE em formato DBF.

6.4.3 – Bases de Dados Espaciais

Os dados espaciais são gráficos e descritivos. Devido a dupla natureza destes dados, a coleta e aquisição, normalmente, é realizada de maneira separada. Nesta pesquisa foram utilizados os dados gráficos e descritivos provenientes do Cadastro Imobiliário do Município de Sumé, cedidos pela PMS.

Os arquivos gráficos cedidos estão em formato .DWG (AutoCAD) e são resultado de digitalização e vetorização das Planta de Referência e de Quadras, na escala 1:2000. É importante anotar que os dados gráficos cedidos pela PMS não estavam georreferenciados. Entretanto, para a validação do sistema desenvolvido nesta pesquisa este não é um ponto crucial. Para os testes de implementação do sistema foi selecionada uma área piloto com 6 (seis) quadras, inseridas no Distrito 1, Setor 1 da Cidade. As características dos planos de informação destes arquivos estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos Planos de Informação dos Arquivos Gráficos

Plano de Informação	Tipo	Cor
Lote	Polyline	Vermelho
Logradouro	Polyline	Preto
Inscrição	Text	Vermelho
Quadra	Polyline	Azul
Toponímia	Text	Preto

Os dados descritivos cedidos para esta pesquisa estavam em formato MDB (Microsoft Access) e foram extraídos do banco de dados de tributação da PMS. A Tabela 4 apresenta os campos das tabelas constantes no banco de dados cedido.

Tabela 4 – Tabelas e Campos da Base de Dados Descritivos

Tabela	Campo	Tipo	Extensão
Cadastro	Inscrição	Texto	14
	Proprietário	Texto	70
	Logradouro	Texto	40
	NúmeroPropriedade	Texto	6
	Bairro	Texto	25
	Cidade	Texto	30
	Tipolmóvel	Texto	1
	Utilização	Texto	1
	ÁreaLote	Número Simples	-
	ÁreaConstruída	Número Simples	-
	Testada	Número Simples	-
	DébitoAnterior	Lógico	-
	CorÁrea	Texto	1
	IsentoTx_Lixo	Lógico	-
Tipo de Imóvel	Id_Tipo_Imóvel	Texto	1
	Desc_Tipo_Imóvel	Texto	20
Utilização do Imóvel	Id_Utilização	Texto	1
	Desc_Utilização	Texto	20
Zona	Cod_Area	Texto	1
	Desc_Area	Texto	7

6.5 – Resultados da Pesquisa

O sistema mostrou-se operacional, considerando a análise do Modelo Conceitual e os dados da área piloto. Isto significa que os programas computacionais escolhidos, bem como os desenvolvidos durante a pesquisa, cumpriram de maneira satisfatória as funções planejadas.

Entretanto, a operação do sistema, sobretudo no que diz respeito à utilização do SPRING, exige um razoável nível de treinamento dos usuários. Como o SPRING não é dotado da mesma programabilidade do AutoCAD e do Access, a manutenção do sistema depende fortemente da capacidade dos usuários de operarem a base de dados espaciais dentro do SPRING. A linguagem disponível para o SPRING, chamada LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), não dispõe de recursos para customização, restringindo-se a automatizar operações de consulta, análise e transformação de vetores ou matrizes. A entrada ou saída de dados no sistema, portanto, deve ser feita passo a passo pelo próprio usuário.

Além destas, outras funções do sistema que dependem mais diretamente da intervenção do usuário não foram implementadas. São funções como a validação ou atualização dos dados gráficos e descritivos na entrada do sistema. Esse tipo de operação ocorre quando alguma modificação é feita nas bases gráfica ou descritiva do Cadastro Imobiliário, e precisa, evidentemente, ser validada por um funcionário ou setor. As modificações podem ser de inclusão, exclusão ou retificação de dados.

Durante a implementação do sistema, a operação de entrada de dados no SPRING, e conseqüente criação da base de dados espaciais, foi realizada com sucesso. Entretanto, apenas os arquivos gráfico e de identificadores foram lidos rapidamente. O arquivo de atributos – com 5.727 registros, em 11 campos, ocupando pouco mais de 1MB de espaço em disco – levou cerca de 10 minutos para ser completamente lido. Evidentemente, o perfil do processador utilizado nesta pesquisa influenciou no tempo de leitura do arquivo de atributos. Uma vez criada a base de dados espaciais, o tempo de processamento do SPRING em operações de consulta e análise foi bastante curto, mostrando-se satisfatório.

O Modelo Conceitual elaborado nesta pesquisa previu para o Modelo Físico a existência das classes LOTE, PROPRIETÁRIO, LOGRADOURO, CENTRÓIDE e ENDEREÇO. Nem todas estas classes puderam ser implementadas devido à insuficiência de dados na base de dados espaciais. Ao nível do Modelo Físico, foram implementadas apenas as classes LOTE e CENTRÓIDE.

As classes PROPRIETÁRIO e LOGRADOURO, por exemplo, não possuíam nenhum tipo de código ou índice que os individualizassem. Apesar de não terem sido encontradas discrepâncias entre os dados gráficos e descritivos, foram detectadas muitas inconsistências no conteúdo dos dados descritivos. As mais comuns foram a presença de “apelidos” dos proprietários e nomes de logradouros com mais de uma grafia. As figuras 44 e 45 exemplificam estes casos. Dessa forma, a classe ENDEREÇO, diretamente dependente da classe LOGRADOURO, também não pôde ser implementada.

Inscrição	Proprietário	
01010110140001	VAVA	RUA FA
01010270031001	SOSOY	RUA ELI
01010270117001	ZÉ JONAS	RUA PR
01010300150001	RITA DE ZACARIAS	RUA VIC
01010320212001	PAINHO	RUA JOS
01010320212002	PAINHO	RUA JOS
01011100142001	MAE DE JOSE MATIAS	RUA FR
01011100501001	JOSE DO PEIXE	RUA AN

Figura 44 – Inconsistências do Banco de Dados Quanto ao Nome de Proprietários.

Inscrição	Logradouro
01010110077001	RUA FAUSTO HENRIQUE MENDONÇA
01010110080001	RUA FAUSTO HENRIQUE
01010110085001	RUA FAUSTO H. MENDONÇA
01010300006001	RUA JOSÉ BITÚ
01010300006002	RUA JOSSÉ BITÚ
01010310005001	RUA JOSE BITU
01010620196001	RUA ANTONIO B. GONÇALVES
01010620204001	RUA ANTONIO BATISTA GONÇALVES
01010620251001	RUA ANTONIO BATISTA PEREIRA

Figura 45 – Inconsistências do Banco de Dados Quanto ao Nome de Logradouros.

A partir das classes implementadas no Modelo Físico, o SPRING possibilitou diferentes tipos de consulta e análise dos dados. As principais foram: consultas por expressão lógica (nome de proprietário, endereço, inscrição, área do lote, dentre outras), consultas de agrupamento e análises topológicas. As figuras 46, 47, 48, 49, 50 e 51 exemplificam os resultados obtidos.

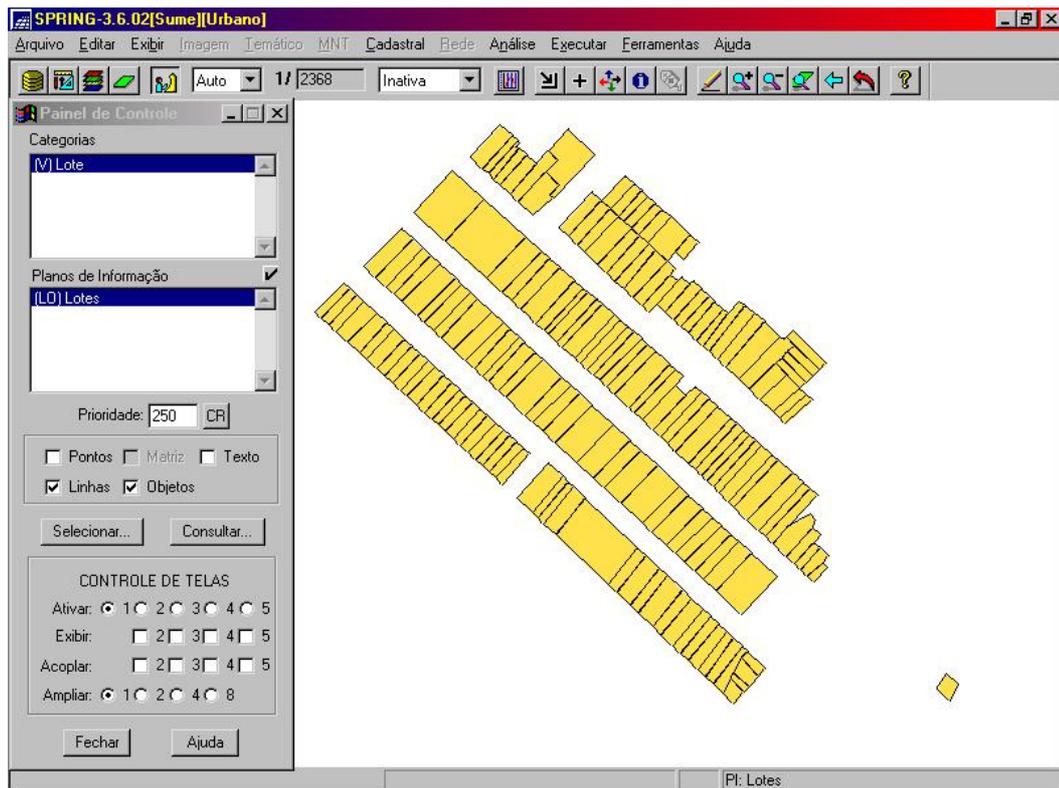


Figura 46 – Visualização da Área Piloto Implementada no SPRING.

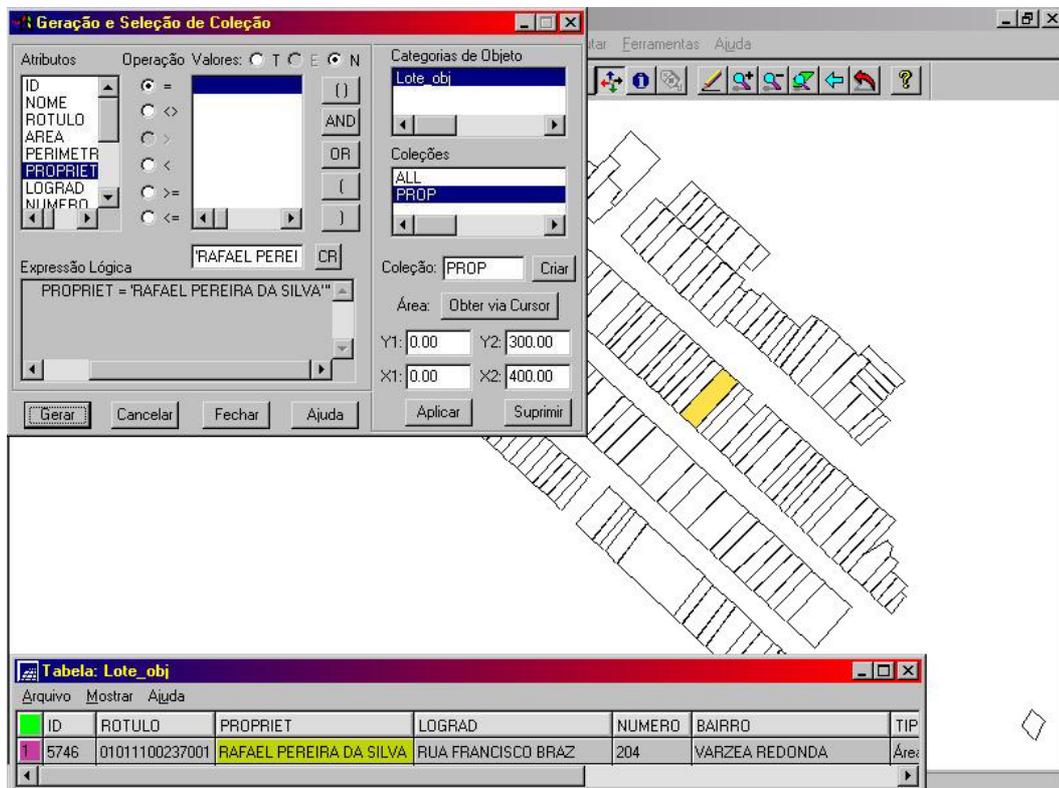


Figura 47 – Consulta por Nome do Proprietário.

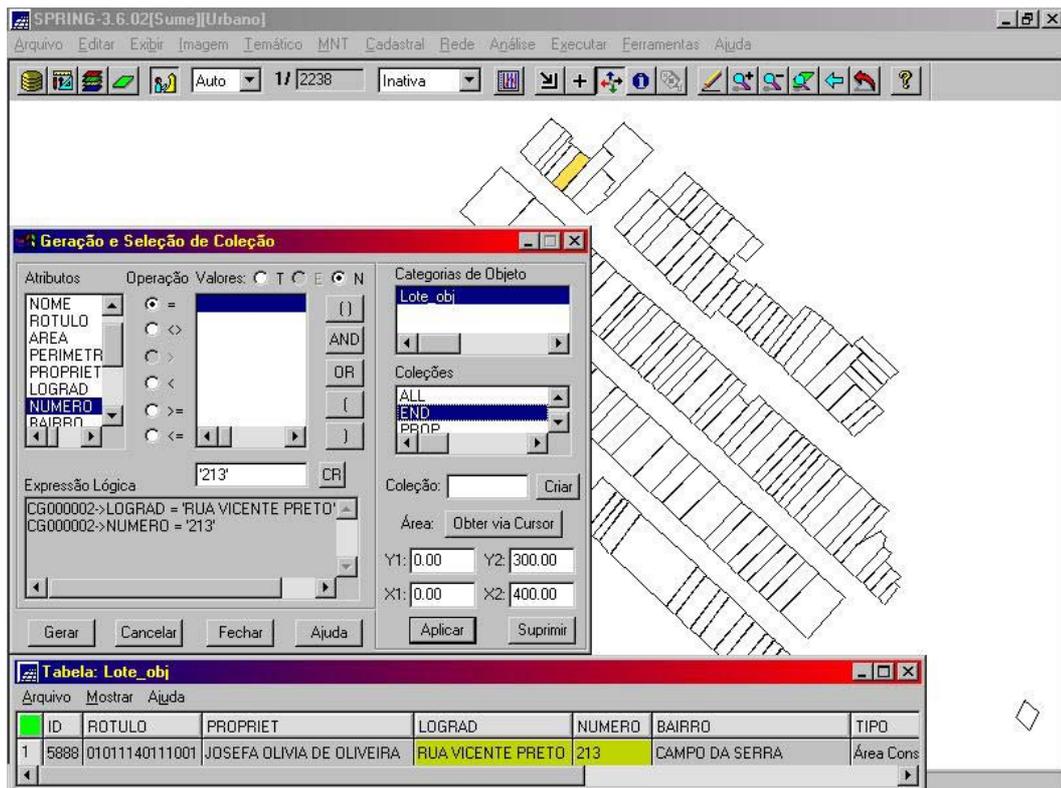


Figura 48 – Consulta por Endereço.

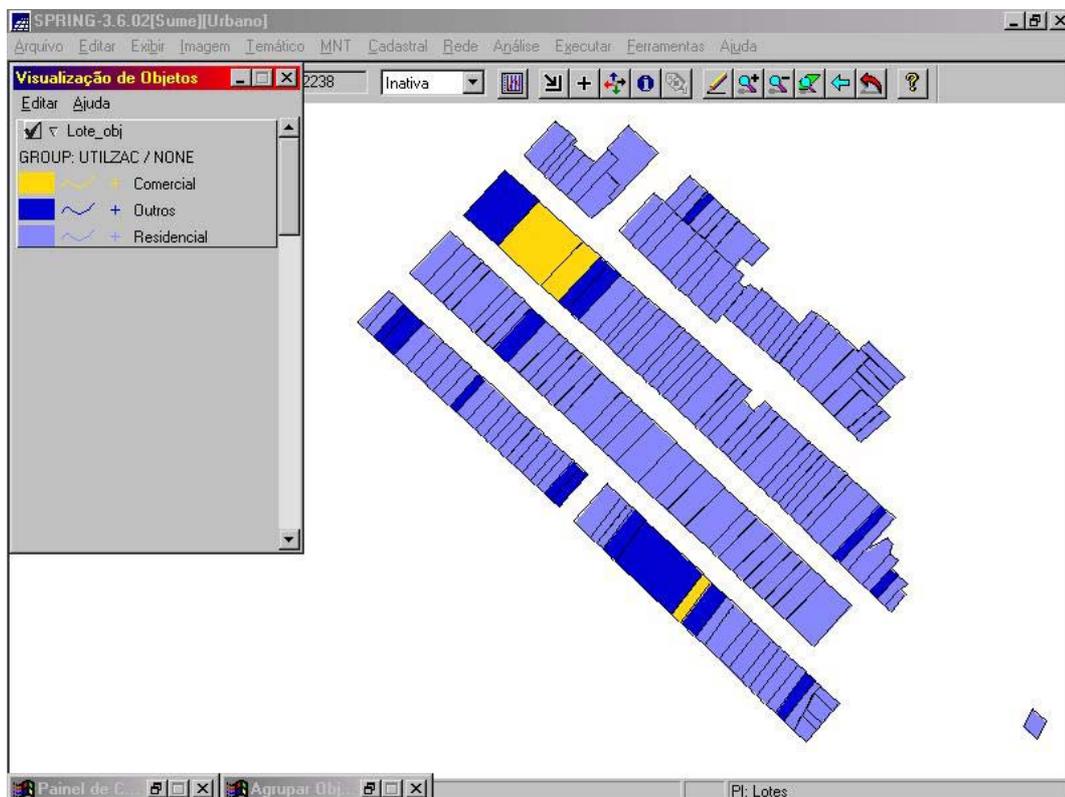


Figura 49 – Agrupamento por Tipo de Utilização do Lote.

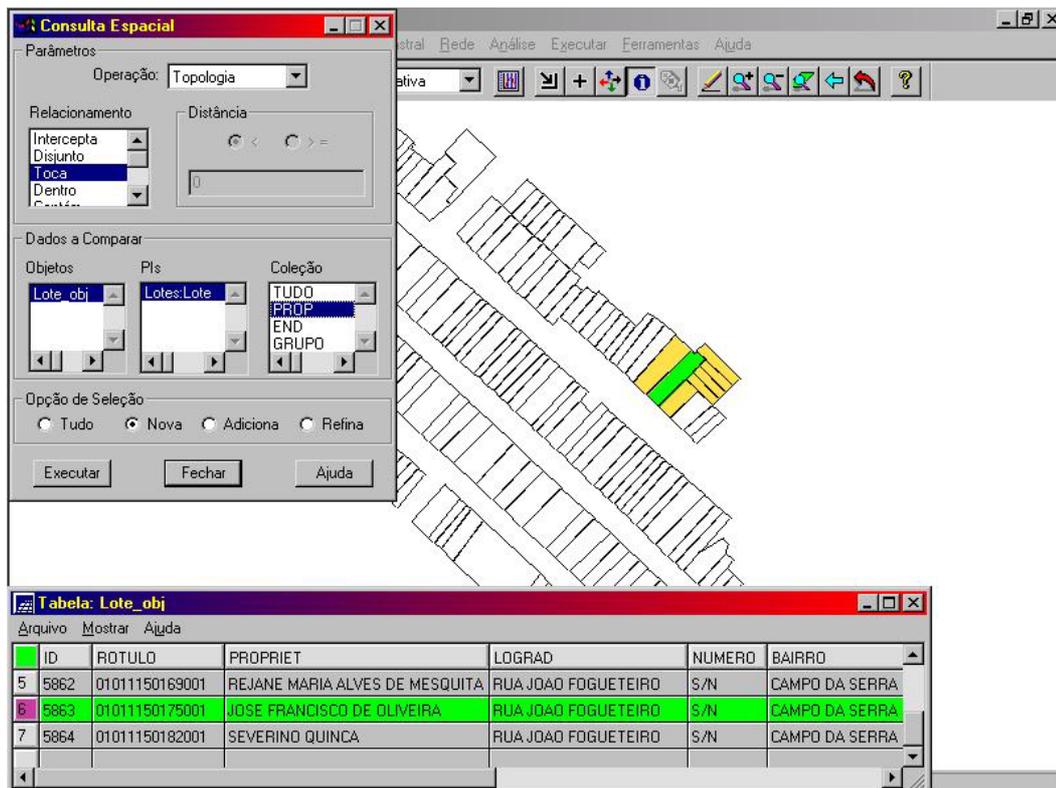


Figura 50 – Análise Topológica de Vizinhança.

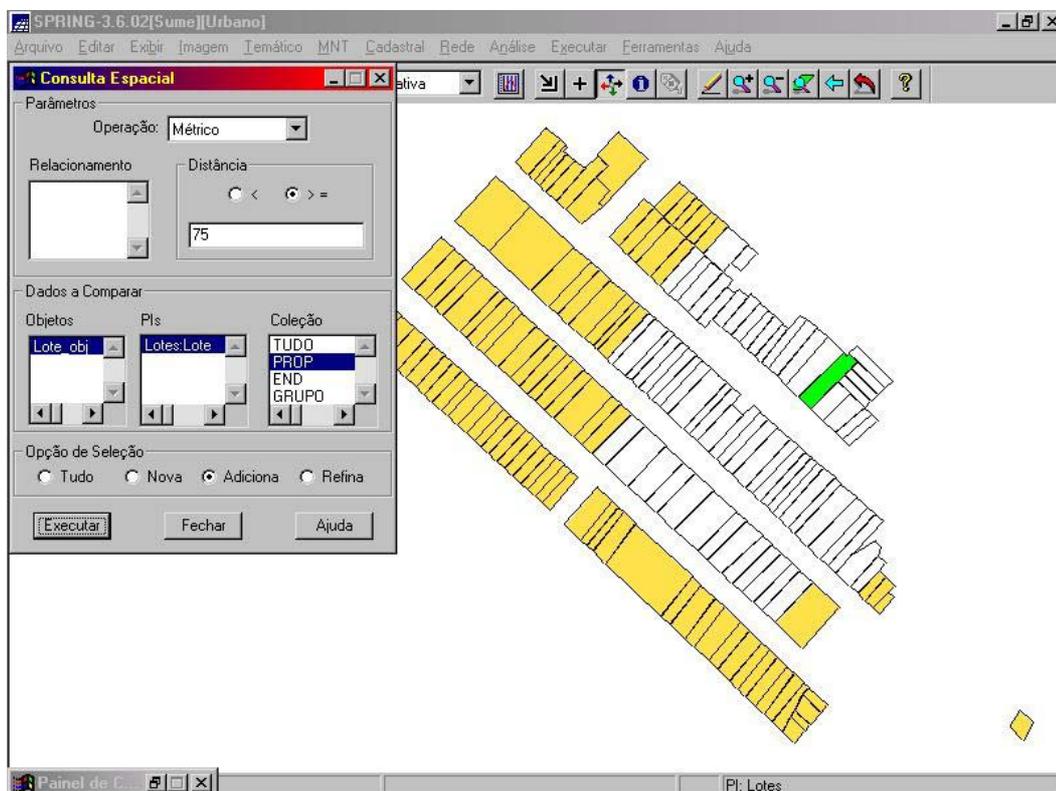


Figura 51 – Análise Topológica de Distância a um Lote.

Como alternativa para acesso aos dados por múltiplos usuários, o SPRING oferece um aplicativo desenvolvido em Java, chamado SPRINGWEB. Este aplicativo permite a visualização dos dados armazenados em um servidor remoto.

Os dados são transferidos através da *Internet* ou *Intranet* e visualizados em um *browser* (navegador). Quando o *site* onde estão os dados é acessado, o código do aplicativo Java é transferido para a máquina do usuário juntamente com os planos de informação salvos no formato do SPRINGWEB.

O SPRINGWEB mantém os recursos de consultas por expressões lógicas e agrupamentos do SPRING, entretanto, quando os dados são exportados as relações topológicas são perdidas. A Figura 52 mostra o resultado de uma consulta de agrupamento, semelhante ao obtido com o SPRING.

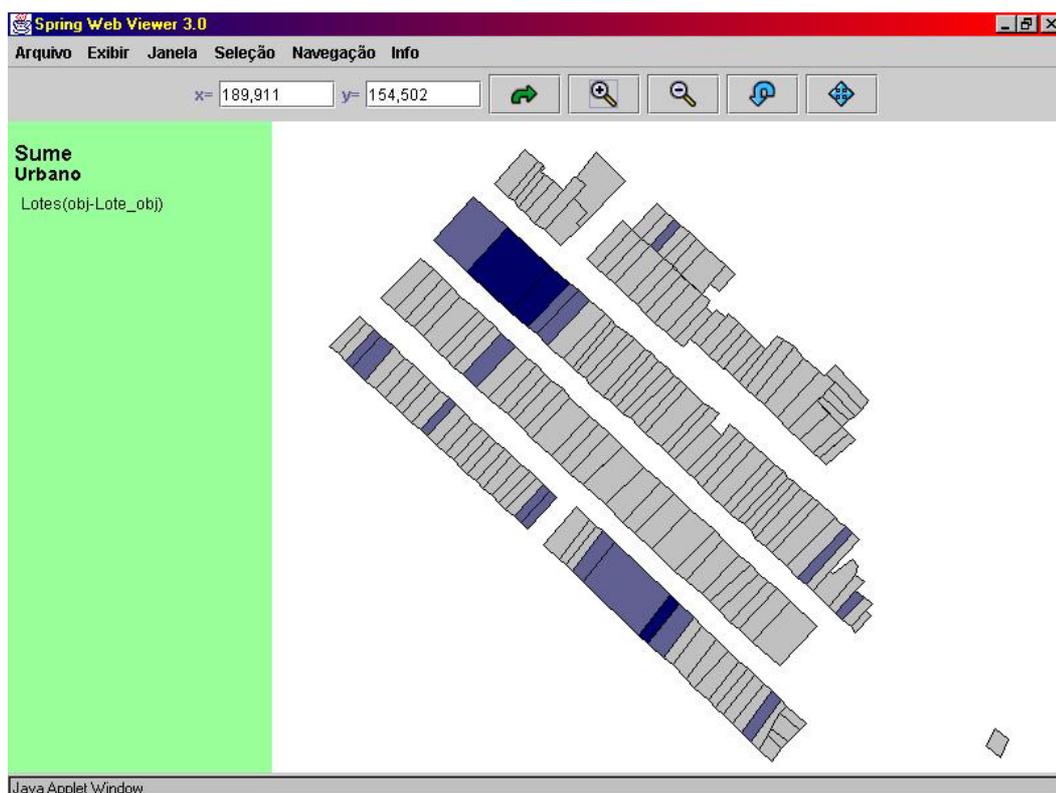


Figura 52 – Agrupamento por Tipo de Utilização do Lote no SPRINGWEB.

A escala dos dados gráficos (1:2.000) utilizada nesta pesquisa, e informada ao sistema, mostrou-se adequada. Entretanto, o sistema apresentou-se insensível à qualidade cartográfica dos dados. Como os dados gráficos não estavam

georreferenciados, foi escolhida a opção **NO PROJECTION** para o sistema de projeção no SPRING. Questões como a qualidade métrica ou posicional dos dados, portanto, precisam ser verificadas antes da entrada dos dados no sistema, a fim de que se possa ter uma maior fidelidade na representação espacial.

6.5.1 – Estimativa do Investimento Financeiro para Implementação do Sistema Desenvolvido

Os custos de implementação do sistema envolvem diversos componentes. Entre estes estão a aquisição de equipamentos e programas computacionais, de dados gráficos e descritivos e treinamento de pessoal para operação e manutenção do sistema. Os custos, evidentemente, podem variar de acordo com o grau de informatização do Cadastro Imobiliário e nível prévio de habilitação dos operadores.

Com a finalidade de auxiliar a decisão dos interessados em implantação de sistemas aplicativos em SIG semelhantes ao desenvolvido pela pesquisa foram estimados custos de aquisição dos equipamentos e programas computacionais, bem como treinamento de pessoal. Com relação à aquisição de dados o custo será avaliado com base em ARONOFF (1989), que afirma ser a aquisição de dados a etapa na que requer maior investimento financeiro no processo de implantação de um SIG, podendo chegar a 75% do custo total. Contudo, os custos de aquisição de dados variam muito quanto aos métodos empregados, o nível de precisão adotado e a quantidade de dados que devem ser coletados.

Os valores apresentados na Tabela 5 foram estimados e se encontram em dólares americanos (US\$) e em Reais (R\$), cotados pelo valor do dia 17.12.2002 (US\$ 1,00 = R\$ 3,60).

No item 1 da Tabela 5, Equipamentos Computacionais, foram considerados um computador Pentium III 1 GHz (ou similar) e 128 Mb de memória RAM, com monitor colorido, teclado, *mouse* e uma impressora à jato de tinta. A configuração do computador pode ser rebaixado para um processador de desempenho médio, já que os testes de implementação mostraram um bom desempenho em baixa velocidade de processamento.

Tabela 5 – Custos de Implementação do Sistema Modelado.

ITEM	CUSTO	
	US\$	R\$
1 – Equipamentos Computacionais		
1.1 – 1 (um) Computador	500,00	1.700,00
1.2 – 1 (uma) Impressora	100,00	360,00
2 – Programas Computacionais		
2.1 – 1 (uma) Licença AutoCAD	1.650,00	5.940,00
2.2 – 1 (uma) Licença MS Access	340,00	1.224,00
2.3 – Desenvolvimento de Programas	300,00	1.080,00
3 – Treinamento de Pessoal	300,00	1.080,00
4 – Suporte Técnico	600,00	2.160,00
TOTAL	3.790,00	13.644,00

No item 2 da Tabela 5, Programas Computacionais, foram considerados uma licença para uso do AutoCAD e uma licença para o Access, mas o ideal seria a aquisição da *suite* de escritório completa. Além destes, foi incluído o item Desenvolvimento dos Programas, para suporte à ligação entre os programas computacionais escolhidos e a conversão de dados no sistema. O valor deste item apresenta-se inferior aos demais porque foi verificado durante a etapa de implementação do sistema na área piloto que todos os programas desenvolvidos juntos não chegaram a 200 linhas de programação, o que representa um esforço computacional pequeno para implementação. Este fato deve-se principalmente à escolha dos formatos de intercâmbio de dados do sistema (DXF e ASCII) que facilitaram o desenvolvimento de programas e rotinas de conversão.

As licenças do AutoCAD e do Access podem ter seus custos reduzidos se forem adquiridas em versões institucionais ou mesmo mais antigas. O SPRING é distribuído gratuitamente na *Internet*.

No item 3, referente ao Treinamento de Pessoal, considerou-se um os investimentos em, pelo menos, 60 horas de curso, com teoria e prática para que o usuário se familiarize com o sistema, considerando que já possui conhecimento básico de informática.

No item 4, Suporte Técnico, foram consideradas as atividades de manutenção, revisão e adaptação do sistema a novas aplicações que possam ser de interesse da prefeitura, no período de seis meses.

O investimento total, considerando que os custos de aquisição de dados podem representar até 75% da implantação de um SIG, poderia chegar a US\$ 15.160,00, ou seja, R\$ 54.576,00.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente pesquisa partiu da proposição de que um SIG pode ser usado para modernizar a gestão municipal em cidades de pequeno porte. O SIG pode utilizar a base de dados do Cadastro Imobiliário, por ser esta a que apresenta a maior cobertura espacial e detalhamento, dentre as utilizadas nas prefeituras. As aplicações alcançariam diversos setores da prefeitura e dariam início a um processo de modernização administrativa com democratização de informações. A principal hipótese a ser testada dizia respeito à viabilidade econômica da implementação de um sistema baseado em SIG, haja visto as restrições orçamentárias das prefeituras em todo o Brasil, especialmente no que se refere aos municípios de pequeno porte.

Este trabalho reviu as definições de SIG, seus componentes, suas aplicações mais úteis à municipalidade, questões relativas aos dados espaciais, e culminou com a concepção de um modelo de sistema baseado em SIG, de baixo custo, simples e funcional, a ser utilizado em prefeituras de pequeno porte. Também concretizou-se o desenvolvimento de um protótipo do sistema em área piloto para validação da modelagem.

Os resultados obtidos com a modelagem de dados espaciais culminando com a implantação do sistema, ratificaram a proposição inicial e validam como verdadeira a hipótese testada.

7.1. Conclusões

7.1.1. Com Relação às Definições de SIG

A pesquisa conclui que o aparente desencontro na definição de SIG ocorre em decorrência, além da multiplicidade de contribuições apresentada na dissertação, do entendimento de um dos vocábulos apresentados na sigla. Como os diversos autores citados nesta pesquisa não discordam de que o termo **Geoinformação** individualiza um tipo especial de dado, as divergências, então, são causadas pelo entendimento do termo **Sistema**.

A dificuldade pode ser decorrente da vasta coleção de sinônimos de que o vocábulo **Sistema** é investido. Para se ter uma idéia, segundo o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (HOUAISS, 2001), **Sistema** é definido como:

“Sistema: s. m. 1. Conjunto de princípios, coordenados entre si de maneira a formar um todo científico ou um corpo de doutrina. 2. Combinação de partes coordenadas para um mesmo resultado, ou de maneira a formar um conjunto. 3. Método. 4. Plano. 5. Anat. Conjunto de órgãos compostos pelos mesmos tecidos e com funções análogas. 6. Filos. Unidade das formas diversas do conhecimento sob uma só idéia. 7. Geol. Subdivisão estratigráfica que corresponde a um período geológico. 8. Hist. Nat. Método de classificação baseado em certo número de caracteres. 9. Polít. O conjunto das instituições políticas pelas quais é governado um Estado.”

O grifo na definição acima expressa bem a dificuldade de concordância dos autores. Entendendo um sistema como uma combinação de partes que se coordenam para um resultado comum, pode-se afirmar que tanto um programa computacional qualquer, quanto um banco de dados ou uma estrutura organizacional, são sistemas.

Entretanto, o que distingue as definições de sistema no universo de autores pesquisados é, portanto, aquilo que está no cerne da questão: “o que é um sistema?”. A resposta dada por cada autor a esse respeito é refletida nos termos usados em cada definição – ou seja, a própria compreensão do “o que é um sistema” refletida na definição do SIG.

As diferentes visões não devem ser tidas como antagonismos. Sendo distintos, os conceitos de SIG representam o conjunto das idéias de determinado segmento, ou escola, que contribui na formulação do seu escopo. Antes de serem discordantes, são complementares; como se pessoas distintas, olhando sob diferentes pontos de vista, descrevessem um mesmo objeto.

7.1.2. Com Relação à Metodologia de Modelagem Empregada

Ao concluir a pesquisa pode-se afirmar que a metodologia de Modelagem de Dados Espaciais atende aos requisitos para desenvolvimento de sistemas aplicativos baseados em SIG. O encadeamento das três etapas – Abstração do Mundo Real, Elaboração do Modelo Conceitual e Implementação do Modelo Físico – promove um aprofundamento gradual no conhecimento do problema a ser modelado, permite a integração entre diferentes visões do sistema – a do usuário e do desenvolvedor – e facilita na elaboração de uma detalhada documentação sobre os componentes do sistema, através de múltiplos diagramas e dicionário de dados.

A Abstração do Mundo Real deve ser observada com atenção especial. É durante esta etapa que ocorre a maior interação entre o usuário e o desenvolvedor, e, portanto, são elaboradas as idéias que dão origem à aplicação. Quanto maior o entendimento da aplicação adquirida pelo desenvolvedor durante a Abstração do Mundo Real, maiores serão as chances de sucesso na etapa de Elaboração do Modelo Conceitual, e, por conseqüência, na implementação do Modelo Físico.

7.1.3. Com relação à Viabilidade do Sistema

A implantação do sistema modelado é economicamente viável para prefeituras de pequeno porte. Ainda assim, deve-se considerar que os custos apresentados para implantação do sistema podem ser diminuídos sensivelmente, já que não foram previstas a existência de equipamentos computacionais e licenças dos programas computacionais na Prefeitura, o que pode não ser uma realidade.

Outra maneira de diminuir custos com a implantação do sistema é a substituição dos sistemas CAD e SGBD utilizados nesta pesquisa por outros com valor de mercado inferior. As substituições destes componentes podem ser feitas sem restrições, desde que, sejam mantidas as condições de programabilidade e funcionalidade que cada um deve apresentar para composição do sistema. Entretanto, provavelmente haverá necessidade de elaboração de novos programas computacionais para comunicação entre os sistemas empregados.

7.1.4. Com Relação à Utilização do SPRING

O SPRING apresenta funcionalidade suficiente para subsidiar as atividades de planejamento e gestão em prefeitura de pequeno porte. As operações realizadas com uma tabela de aproximadamente 6 (seis) mil registros ocorreram sem maiores problemas. O módulo de funções para o modelo de Dados Cadastrais do SPRING testado na etapa de implementação do sistema possibilita diversas maneiras de consultas à Base de Dados Espaciais. O módulo de tratamento de redes não foi testado em sua totalidade devido à não implementação da classe LOGRADOURO.

As restrições quanto à utilização do SPRING dizem respeito à complexidade das operações a serem realizadas pelo usuário. A montagem e a utilização da Base de Dados Espaciais no SPRING requerem do usuário o completo entendimento do modelo de dados a ser trabalhado, bem como das questões relativas à filosofia de SIG por trás deste modelo. Os procedimentos normalmente são executados através da utilização de mais de uma janela de comandos, o que dificulta a memorização e dá margem à geração de erros.

A ferramenta de visualização de dados SPRINGWEB testada mostrou-se eficaz quanto à realização de consultas por expressões lógicas e por agrupamentos. A sua utilização via *Intranet* em uma prefeitura de pequeno porte pode democratizar o acesso às informações cadastrais com requisitos de segurança, já que o usuário remoto não pode alterar a Base de Dados Espaciais. Entretanto, a inserção de novos dados ou planos de informação com as bases de dados das diversas secretarias só pode ser feita no servidor.

7.2. Recomendações

Com base nas conclusões apresentadas, recomenda-se:

Para continuação da pesquisa:

- a) a revisão do modelo desenvolvido, de maneira a torná-lo sensível à qualidade cartográfica dos dados espaciais;

- b) a continuação desta pesquisa com a implementação das classes LOGRADOURO, ENDEREÇO e PROPRIETÁRIO, e com o georreferenciamento dos dados espaciais;
- c) o teste no sistema modelado com outros componentes (CAD, SGBD e SIG) diferentes dos escolhidos para esta pesquisa, e, inclusive, em outra plataforma – como a plataforma Linux, por exemplo – de modo que se possa fazer uma análise de custo-benefício entre diferentes componentes e plataformas;

Para implantação de SIG nas prefeituras:

- d) as prefeituras de pequeno porte devem buscar recursos através de financiamentos disponíveis, como o PMAT – Programa de Modernização da Administração Tributária e o PNAFM – Programa Nacional de Apoio à Gestão Administrativa e Fiscal dos Municípios Brasileiros, ambos do BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social, entre outros, para viabilizar a modernização de suas atividades de gestão e planejamento;
- e) as prefeituras devem utilizar serviços de consultoria ou orientação profissional, a fim de planejarem de maneira mais racional o investimento em modernização da administração;
- f) o treinamento intensivo dos usuários como forma de garantia da manutenção do sistema em funcionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, Nabil R. e GANGOPADHYAY, Aryya. **Database Issues in Geographic Information Systems**. Kluwer Academic Publishers. Boston, 1997.

AMORIM, Amilton e SILVA, Ricardo S. **Cadastro Multifinalitário Urbano Georreferenciado como Instrumento para a Administração Pública, em Municípios de Médio Porte**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 1, 1994, Florianópolis, SC. Anais do I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1994.

ARONOFF, Stanley. **Geographic Information System: a Management Perspective**. WBL Publications. Ottawa, 1989.

BAKKER, Mucio P.R. de. **Cartografia: Noções Básicas**. Marinha do Brasil. Rio de Janeiro, 1965.

BASTOS, Fernando. **Sistema de Informações Georreferenciadas**. In: CENTO E VINTE E CINCO DICAS PARA A ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Instituto Pólis. São Paulo, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Ensino de 1º e 2º Graus. **Livro do Município de Sumé**. Coleção Livros dos Municípios: 007/171. Unigraf. João Pessoa, 1985.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Senado Federal. Brasília, 1988.

_____. Ministério da Fazenda. **Lei Complementar Nº101, de 04 de maio de 2000**. Brasília, 2000.

BURROUGH, Peter A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Clarendon Press. Oxford, 1986.

_____ e McDONNELL, Rachael A. **Principles of Geographical Information Systems: Spatial Information Systems**. Oxford University Press. Oxford, 1998.

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andréa S.; MAGALHÃES, Geovane C.; MEDEIROS, Maria B. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas**. UNICAMP: Instituto de Computação. Campinas, 1996a.

- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modeling**. Computers & Graphics, 20. May-Jun. 1996b.
- CARNEIRO, Andrea F.T. **Uma Proposta de Reforma Cadastral Visando a Vinculação entre Cadastro e Registro de Imóveis**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.
- CASTLE, III, Gilbert H. **Profiting from a Geographic Information System**. GIS World Book. Fort Collins, 1993.
- DALE, Peter F.; McLAUGHLIN, John D. **Land Information Management: An introduction with special reference to cadastral problems in Third World countries**. Oxford University Press. New York, 1990.
- DATE, C.J. **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados**. Editora Campus. Rio de Janeiro, 1990.
- FRASSIA, Mercedes. **Entendiendo las Proyección de los Mapas: Sistema Gauss-Krüger**. 2001. Centro de Transferência Tecnológica em Sistemas de Informação Geográfica y Teledetección. Disponível em: <<http://www.cursogis.com.ar/entendiendo1.htm>>. Acesso em: 10.06.2002.
- FREUNDSCHUH, Scott M. e EGENHOFER, Max J. **Human Conceptions of Spaces: Implications for Geographic Information Systems**. In: TRANSACTIONS IN GIS. Blackwell Publishers. Oxford, 1997.
- GREGORY, Ian N. **Time-variant GIS Databases of Changing Historical Administrative Boudaries: A European Comparison**. In: TRANSACTIONS IN GIS. Blackwell Publishers. Oxford, 2002.
- HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Editora Objetiva. Rio de Janeiro, 2001.
- HUXHOLD, William E. **An Introduction to Urban Geographic Information Systems**. Oxford University Press. New York, 1991.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo>>. Acesso em 12.12.2001.
- INTERA TYDAC. **SPANS Learning System: Introduction to GIS**. INTERA TYDAC Technologies Inc. 1991.

- KITAGAWA, Nobuyuki; FERREIRA, Nilson C. **Integração de Sistemas de Informações Geográficas em Sistemas de Tributação Municipal**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 1, 1994, Florianópolis, SC. Anais do I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1994.
- KORTE, George. **The GIS Book: a Practitioner's Handbook**. OnWord Press. Santa Fe, 1992.
- LANGRAN, Gail. **Time in Geographic Information Systems**. TAYLOR & Francis. London, 1992.
- LIMA, Obéde P. de; CORDINI, Jucilei; LOCH, Carlos. **O Cadastro Técnico Multifinalitário e o Poder Público Municipal - Base para o Desenvolvimento Sustentável**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. 20, 2001, Porto Alegre, RS. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre, 2001.
- LOCH, Carlos. **Modernização do Poder Público Municipal**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 3, 1998, Florianópolis, SC. Anais do III Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1998.
- MARGARIDO, Maria José F. F. **Modelo para Informatização das Administrações Públicas Municipais**. Escola Nacional de Administração Pública – ENAP. Brasília, 2000.
- MEDEIROS, C.B; BOTELHO, M.A. **Tratamento de Tempo em SIG**. In: GIS BRASIL – “II CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO”. 2, 1996, Curitiba, PA. Anais do GIS BRASIL'96. Curitiba, 1996.
- MULLER, Angela M.; ERBA, Diego A. **O Cadastro Técnico do Município de São Leopoldo-RS: problemas e soluções**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 4, 2000, Florianópolis, SC. Anais do IV Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 2000.
- PAREDES, Evaristo A. **Sistema de Informação Geográfica-Cadastral (SIG-Cadastral)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 1, 1994, Florianópolis, SC. Anais do I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1994.
- PAULINO, Luiz A.; CARNEIRO, Andréa F.T. **Base de Dados Gráficos para Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 3, 1998, Florianópolis, SC. Anais do III Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1998.

- RAISZ, Erwin. **Cartografía General**. Ediciones Omega. Barcelona, 1959.
- ROBINSON, Arthur H.; MORRISON, Joel L.; MUEHRCKE, Phillip C.; KIMERLING, A. Jon; GUPTILL, Stephen C. **Elements of Cartography**. John Wiley & Sons. 6 ed. New York, 1995.
- ROSSETTO, Adriana M.; ORTH, Dora; ROSSETTO, Carlos R. **Adoção de Sistemas de Informações Geográficas em Organizações Públicas - Estudo de Caso em Prefeitura de Médio Porte**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. 20, 2001, Porto Alegre, RS. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre, 2001.
- ROZA, Marcelo P. da. **MENSSAGENS: uma Metodologia para Modelagem de Estados Mentais em Agentes**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Ciências da Computação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- SÁ, Lucilene A.C.M. de. **Modelagem de Dados Espaciais para Sistemas de Informação Geográfica: Pesquisa na Emergência Médica**. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- _____ e SILVA, Irineu da. **O Estudo da Emergência Médica Sob a Ótica do Geoprocessamento**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 3, 1998, Florianópolis, SC. Anais do III Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1998.
- SCHWEDER, Sandra R.; SILVA, Simone da; LOCH, Carlos. **O Cadastro Técnico e a Administração Municipal**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 1, 1994, Florianópolis, SC. Anais do I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1994.
- SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de Banco de Dados**. Makron Books. São Paulo, 1999.
- SKROCH, Luciene S.D.; SILVA, Adriana C.; MARCHIS, Cristiane K.; LOPES, Evandra A.; FONSECA, Roberto N. da. **Desenvolvimento de um Sistema Para Gerenciamento Espacial do IPTU em Municípios de Pequeno e Médio Porte**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. 19, 1999, Porto Alegre, RS. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre, 1999.
- SOUZA, Edgar B. de. **O Município na Constituição de 1988**. Série Acompanhamento de Políticas Públicas. N 7. Instituto de Planejamento Econômico e Social – IPEA. Brasília, 1989.

STEWART, M. **The Catal Hyük Map**. Mapline, n. 19. Chicago, 1980. Disponível em: <http://www.newberry.org/nl/collections/bib_guide.html>. Acesso em: 11.12.2002.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Dados Pluviométricos do Nordeste**. In: Série Pluviometria 5. Recife, 1990. Disponível em: <http://www.lmrs-semarh.ufpb.br/fr_clim.html>. Acesso em: 10.10.2002.

TAYLOR, David R.F. **Geographic Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography**. Pergamon Press. Oxford, 1991.

VAZ, José C. **Cobrança de Tributos e Atendimento ao Contribuinte**. In: CENTO E VINTE E CINCO DICAS PARA A ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Instituto Pólis. São Paulo, 2000a.

_____. **Geoprocessamento**. In: CENTO E VINTE E CINCO DICAS PARA A ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Instituto Pólis. São Paulo, 2000b.

VILA REAL, Edna M.F. **Estruturação do Cadastro Técnico Municipal de Cidades de Porte Médio – O Caso de Juiz de Fora**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 2, 1996, Florianópolis, SC. Anais do II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 1996.

WILLIAMSON, Ian P. **Urban Land Information Systems**. Beijing, 1992. Disponível em: <http://www.sli.unimelb.edu.au/research/publications/IPW_online_publ.html>. Acesso em: 10.11.2001.

_____. **Best Practices for Land Administration Systems in Developing Countries**. International Conference on Land Policy Reform. Jakarta, 2000. Disponível em: <http://www.sli.unimelb.edu.au/research/publications/IPW_online_publ.html>. Acesso em: 10.11.2001.

YOURDON, Edward. **Modern Structured Analysis**. Prentice Hall. London, 1990.

_____. e ARGILA, Carl. **Análise e Projeto Orientados a Objetos: Estudos de Casos**. Makron Books do Brasil. São Paulo, 1999.

ANEXOS

ANEXO 1

Lista dos Componentes do Sistema

Lista dos Componentes do Sistema

Componente	Tipo
abastecimento_dágua	Atributo
Agrupar_atributos_dos_objetos	Método
Alterações Alfanuméricas Validadas	Mensagem
Alterações Gráficas Validadas	Mensagem
Analisar_consultar_dados_espaciais	Método
Analises Espaciais	Mensagem
Analises Espaciais Convertidas	Mensagem
área_construída	Atributo
área_lote	Atributo
Atualização Dados Alfanuméricos	Mensagem
Atualização Dados Gráficos	Mensagem
bairro	Atributo
CENTRÓIDE	Classe
cep_logradouro	Atributo
coleta_lixo	Atributo
comprimento_testada	Atributo
Consulta Análise	Mensagem
Converter_análises_para_Armazenamento	Método
Converter_dados_alfanuméricos	Método
Converter_dados_gráficos	Método
coord_x	Atributo
coord_y	Atributo
Criar_base_espacial	Método
Dados Alfanuméricos	Mensagem
Dados Alfanuméricos Atualizados	Mensagem
Dados Alfanuméricos Convertidos	Mensagem
Dados Alfanuméricos Enviados	Mensagem
Dados Endereço Agrupados	Mensagem
Dados Entrada	Mensagem
Dados Entrada Validados	Mensagem
Dados Espaciais	Mensagem
Dados Espaciais Consultados Analisados	Mensagem
Dados Espaciais Enviados	Mensagem
Dados Espaciais Recuperados	Mensagem
Dados Gráficos	Mensagem
Dados Gráficos Atualizados	Mensagem
Dados Gráficos Convertidos	Mensagem
Dados Gráficos Enviados	Mensagem
Dados Logradouro Agrupados	Mensagem
Dados Lote Agrupados	Mensagem
Dados Proprietário Agrupados	Mensagem
ENDEREÇO	Classe
endereco_proprietário	Atributo
Enviar_análises_para_Conversão	Método
Enviar_dados_espaciais_para_Análise	Método

Enviar_dados_para_Conversão	Método
esgotamento_sanitário	Atributo
Exibir_resultados	Método
id_logradouro	Atributo
id_lote	Atributo
id_proprietário	Atributo
iluminação_pública	Atributo
largura_média	Atributo
LOGRADOURO	Classe
LOTE	Classe
Modificar_geometria	Método
nome_logradouro	Atributo
nome_proprietário	Atributo
número_edificação	Atributo
ocupacao_lote	Atributo
padrão_construtivo	Atributo
Plano Informação Centróide	Mensagem
Plano Informação Logradouro	Mensagem
Plano Informação Lote	Mensagem
PROPRIETÁRIO	Classe
Recuperar_dados_espaciais	Método
Resultados Enviados	Mensagem
Separar_planos_de_informação	Método
Telefonia	Atributo
tipo_de_pavimento	Atributo
tipo_de_uso_lote	Atributo
tipo_logradouro	Atributo
topografia_lote	Atributo
Validar_alterações_descritivas	Método
Validar_alterações_gráficas	Método
Validar_dados_para_consulta_análise	Método
valor_metro_quadrado	Atributo

ANEXO 2

Rotina *exp_dxf12.dvb* em linguagem Visual Basic

```

Sub export_dxf12()
  ' *****
  Dim ACADPref As AcadPreferencesOpenSave
  Dim originalValue As Variant

  ' armazenar a preferência
  Set ACADPref = ThisDrawing.Application.Preferences.OpenSave
  originalValue = ACADPref.SaveAsType

  ' modificar a preferência para AutoCAD R12/LT97 DXF
  ACADPref.SaveAsType = acR12_dxf

  ' exportar o arquivo
  Dim oldfile As String
  oldfile = ThisDrawing.FullName

  Dim exportFile As String
  exportFile = "C:\sume\testes\dados_graficos.dxf"

  ThisDrawing.SaveAs (exportFile)

  ' restaurar valor original da preferência de salvamento
  ACADPref.SaveAsType = originalValue

  ' abrir novamente o arquivo DWG
  Dim newfile As String
  newfile = ThisDrawing.FullName

  Dim method As Variant
  method = False

  ThisDrawing.Application.Documents.Open oldfile, method

  ' fechar o arquivo DXF aberto
  Dim DOC As AcadDocument
  For Each DOC In Documents
    If DOC.FullName <> oldfile Then
      DOC.Activate
      DOC.Close
    End If
  Next

End Sub

```

ANEXO 3

Programa *listcent.lsp* em linguagem AutoLisp

```

(Defun c:listcentroids ()
  (setq x 0.0
        y 0.0
        x1 0.0
        y1 0.0
  )
  (setq SEL (ssget "_ALL"))
  (if (/= SEL nil)
    (setq NSEL (sslenght SEL))
  )
  (setq pnt 0)
  (setq IND 0)
  (setq FP (OPEN "c:/sume/testes/centroid.spr" "W"))
  (write-line "POINTS" FP)
  (write-line "INFO" FP)
  (write-line "//" FP)
  (write-line "BOX 0 , 0 , 1500 , 1500" FP)
  (write-line "UNITS Metros" FP)
  (write-line "SEPARATOR ," FP)
  (write-line "//FORMATO COORDX, COORDY, LABEL, NAME, CATEGORIA" FP)
  (write-line "INFO_END" FP)

  (while (< IND NSEL)
    (setq NOME (ssname SEL IND))
    (setq L (entget NOME))
    (setq TIPO1 (cdr (assoc 1 L)))
    (setq TIPO7 (cdr (assoc 7 L)))
    (setq TIPO0 (cdr (assoc 0 L)))
    (setq CATEG "Lote_obj")
    (if (= TIPO0 "TEXT")
      (if (= TIPO7 "INSCRICAO")
        (progn
          (setq pntXY (cdr (assoc 10 L)))
          (setq X1 (car pntxy)
                Y1 (cadr pntxy)
          )
          (setq t1 (strcat "0101" tipol))
          (prin1 x1 FP)
          (write-char 44 FP)
          (prin1 y1 FP)
          (write-char 44 FP)
          (princ t1 FP)
          (write-char 44 FP)
          (princ t1 FP)
          (write-char 44 FP)
          (write-line CATEG FP)
        )
      )
    )
    (setq IND (+ IND 1))
  )
  (write-line "END" FP)
  (close FP)
  (princ)
)

```

ANEXO 4

Consulta *individualizar LOTE* em linguagem SQL

```
SELECT Cadastro.Inscrição, Cadastro.Inscrição,  
Cadastro.Proprietário, Cadastro.Logradouro,  
Cadastro.NúmeroPropriedade, Cadastro.Bairro, [Tipos de  
Imóvel].Desc_Tipo_Imóvel, [Utilização do  
Imóvel].Desc_Utilização, Cadastro.ÁreaLote,  
Cadastro.ÁreaConstruída, Zona.Desc_Area  
FROM Zona INNER JOIN ([Utilização do Imóvel] INNER JOIN ([Tipos  
de Imóvel] INNER JOIN Cadastro ON [Tipos de  
Imóvel].Id_Tipo_Imóvel = Cadastro.TipoImóvel) ON [Utilização do  
Imóvel].Id_Utilização = Cadastro.Utilização) ON Zona.COD_AREA =  
Cadastro.CórArea;
```

ANEXO 5

Programa *convert.f90* em linguagem FORTRAN

```

character reg*185

open (2,file='c:\sume\testes\temp.txt',status='old')
open (3,file='c:\sume\testes\atributos.spr',status='unknown')

write (3,10) "TABLE","INFO","//","SEPARATOR
;","UNFORMATED","CATEGORY_OBJ Lote_obj"
write (3,10) "T_KEY , TEXT , 32 , 0","T_NAME , TEXT , 32 , 0"
write (3,10) "PROPRIET , TEXT , 70 , 0","LOGRAD , TEXT , 40 , 0"
write (3,10) "NUMERO , TEXT , 6 , 0","BAIRRO , TEXT , 25 , 0"
write (3,10) "TIPO , TEXT , 20 , 0","UTILZAC , TEXT , 20 , 0"
write (3,10) "AREALOTE , REAL , 10 , 2","AREAEDIF , REAL , 10 , 2"
write (3,10) "ZONAFISC , TEXT , 7 , 0"
write (3,10) "//","INFO_END"

10 format(a)

20 read (2,10,end=30) reg
write (3,10) reg
goto 20
30 continue

write (3,10) "END"

close(2,status='delete')
close(3,status='keep')

end

```