

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**ÁREAS LIVRES PARA OCUPAÇÃO URBANA
NO MUNICÍPIO DE SALVADOR**
**Uma Aplicação de Tecnologias de Geoprocessamento
em Análise Espacial**

SILVANA SÁ DE CARVALHO

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Corso Pereira

Dissertação apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Área de Concentração em Desenho Urbano,
para obtenção do título de
Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Salvador
2002

Carvalho, Silvana Sá de
Áreas Livres para Ocupação Urbana no Município de Salvador Uma Aplicação de
Tecnologias de Geoprocessamento em Análise Espacial Urbana / Silvana Sá de
Carvalho. – Salvador, 2002.

90 p. il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura – Universidade Federal da Bahia,
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2002.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Corso Pereira.

1. Geoprocessamento. 2. Planejamento Urbano. 3. Salvador.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gilberto Corso Pereira
(Faculdade de Arquitetura – Universidade Federal da Bahia)

Profa. Dra. Bárbara-Christine Nentwig Silva
(Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia)

Prof. Dr. Roberto Bastos Guimarães
(Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia)

Salvador, de de 2002

Resultado: _____

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Gilberto Corso, que me acolhendo no LCAD e no seu grupo de pesquisa me proporcionou um aprendizado contínuo, sempre se colocando disponível e depositando confiança no meu trabalho.

Aos professores Ângela Maria Gordilho Souza e Arivaldo Leão de Amorim pela ajuda e conselhos durante a etapa de desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Aos colegas e amigos do LCAD, pelo incentivo constante no meu trabalho e suas contribuições em diversos níveis.

Aos bolsistas da Iniciação Científica, Jaine Pinto de Carvalho e Delânia Santos Azevedo, pela ajuda concreta na troca de experiências no uso das tecnologias computacionais, aos bolsistas João Tales da Silva Oliveira e Ivens Soares Lira pela ajuda no tratamento das fotos de Salvador e especialmente a Eber Paz França pelo auxílio e empenho na produção dos dados e no trabalho de organização e apresentação dos mapas.

À Maria Célia Rocha Furtado, pela disponibilidade e carinho especial com que fez as correções necessárias na redação final.

À minha família, que desde sempre me deu o apoio necessário ao meu desenvolvimento profissional e acadêmico.

A André pela paciência, apoio e incentivo no caminho.

A Deus, por tudo.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	v
Lista de Quadros	v
Lista de Mapas	vi
Lista de Siglas	vii
Resumo	ix
Abstract	x
1. Introdução	1
2. Tecnologias de Geoprocessamento	
2.1 Conceituação.....	4
2.2 Construção do SIG.....	9
2.2.1 Modelagem espacial.....	10
2.2.2 Base de dados.....	11
2.2.3 Análise espacial.....	14
2.2.4 Visualização cartográfica.....	15
2.3 Aplicações.....	19
3. Tecnologias de Geoprocessamento aplicadas ao Planejamento Urbano	
3.1 Geoprocessamento e Planejamento Urbano.....	22
3.2 Novos instrumentos para conhecimento da realidade, simulação de processos e tomada de decisão.....	26
3.3 SIG: um modelo sistêmico.....	30
3.4 Base de dados digitais espaciais urbanos.....	32
3.5 Aplicações urbanas.....	36
4. O uso de Geoprocessamento para identificação e qualificação de áreas livres para ocupação urbana em Salvador	
4.1 Um estudo de caso: Áreas Livres de Salvador.....	43
4.2 Modelagem espacial.....	45
4.3 Base de dados: levantamento e conversão de dados.....	49
4.4 Análise espacial urbana: tecnologias utilizadas.....	59
4.5 Áreas livres para ocupação urbana em Salvador: Uma contribuição para o planejamento.....	61
5. Conclusões	79
6. Referências	82

Lista de Figuras

Figura 1 – Desenvolvimento das tecnologias de Geoprocessamento.....	6
Figura 2 – Inter-relação entre as tecnologias ligadas aos SIGs.....	8
Figura 3 – Componentes de um SIG.....	9
Figura 4 – Projeto de SIG.....	10
Figura 5 – Modelagem Espacial.....	46
Figura 6 – Georreferenciamento de fotos aéreas.....	51
Figura 7 – Pontos de registro entre a foto aérea e a base cartográfica.....	52
Figura 8 – Exclusão de áreas sobrepostas.....	53
Figura 9 – Foto Mosaico.....	54
Figura 10 – Balanceamento dos tons cromáticos.....	55
Figura 11 – Mosaico de imagens de Salvador.....	56
Figura 12 – Vetorização das áreas livres.....	58
Figura 13 – Operações sobre as camadas de informações.....	60

Lista de Quadros

Quadro 1 – Conjunto de tecnologias associadas ao Geoprocessamento.....	7
Quadro 2 – Síntese do uso de Geoprocessamento em aplicações urbanas.....	42
Quadro 3 – Dados utilizados na modelagem.....	59

Lista de Mapas

Mapa 1 - Mapa Base.....	66
Mapa 2 – Topografia.....	67
Mapa 3 - Modelo Digital do Terreno.....	68
Mapa 4 - Mosaico de Fotos Aéreas.....	69
Mapa 5 - Áreas Livres.....	70
Mapa 6 - Declividade acima de 15%.....	71
Mapa 7 - Declividade acima de 30%.....	72
Mapa 8 - Áreas Institucionais.....	73
Mapa 9 - Áreas Disponíveis para Ocupação.....	74
Mapa 10 - Mancha Urbana 1998.....	75
Mapa 11 - Distribuição Populacional.....	76
Mapa 12 - Legislação e Uso do Solo.....	77
Mapa 13 – Acesso às Principais Vias.....	78

Lista de Siglas

BDDE – Base Digital de Dados Espaciais

CAD – *Computer Aided Design*

CAR – Companhia de Desenvolvimento e Ação regional

CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral

CD-ROM – *Compact Disk Read Only Memory*, Memória em Disco a Laser Exclusiva de Leitura

CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia

CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia

DDF – Diretoria de Desenvolvimento Florestal

DERBA – Departamento de Infra-Estrutura e Transportes

EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento

FAUFBA – Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia

FMLF – Fundação Mário Leal Ferreira

GPS – *Global Position System*, Sistema Global de Posicionamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa

IDE – Infra-Estrutura de Dados Espaciais

INFORMS – Sistema de Informações Geográficas da RMS

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

IPTU – Imposto sobre Propriedade Predial e Territorial Urbana

LCAD – Laboratório de Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura e ao Desenho

LOUOS – Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo

MDT – Modelo Digital de Terreno

MNT – Modelo Numérico de Terreno

PAC – Projeto Auxiliado por Computador

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PDI – Processamento Digital de Imagem

PMS – Prefeitura Municipal de Salvador

PRODASAL – Companhia de Processamento de Dados de Salvador

PRODUR – Programa de Desenvolvimento Urbano

REBATE – Rede Baiana de Tecnologia de Informação Espacial

RMS – Região Metropolitana de Salvador

SADE – Sistema de Apoio a Decisão Espacial

SEAGRI – Secretaria de Agricultura

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia

SEPLAN – Secretaria de Planejamento, Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico da
Prefeitura Municipal de Salvador

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SICAR – Sistema Cartográfico da RMS (Região Metropolitana de Salvador)

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SUCOM - Superintendência de Controle e Ordenamento do Uso do Solo do Município

SRH – Superintendência de Recursos Hídricos

UFBA – Universidade Federal da Bahia

USP – Universidade de São Paulo

UTM – *Universal Transverse Mercator*

RESUMO

A análise espacial urbana sempre foi utilizada pelo Planejamento Urbano como suporte para estudar os processos e fenômenos inerentes à dinâmica e desenvolvimento das cidades. Nesse contexto o dado geográfico foi valorizado como elemento essencial a ser organizado e trabalhado. O Geoprocessamento, considerado como conjunto de tecnologias, métodos e processos que tratam o dado digital geográfico, vem se consolidando como potente instrumento para as atividades de Planejamento Urbano, principalmente no que se refere à visualização de informações geográficas, análises espaciais urbanas e simulação de fenômenos. Esse trabalho tem como objetivo principal mostrar como essas tecnologias podem potencializar e incrementar as ações relativas ao Planejamento Urbano, sendo de grande ajuda aos profissionais que trabalham no seu cotidiano com dados espaciais urbanos. Para isso buscou-se desenvolver uma metodologia de trabalho, usando essas tecnologias, para identificar Áreas Livres para Ocupação Urbana no Município de Salvador. Os mapas resultantes desse trabalho pretendem ser objeto de estudo para o entendimento do espaço urbano de Salvador e de como a cidade pode direcionar o seu crescimento e desenvolvimento.

Palavras chave: Geoprocessamento; Planejamento Urbano; Salvador.

ABSTRACT

Urban space analysis was always used by Urban Planning as support to study processes and inherent phenomenons to cities dynamics and development. In that context geographical data was valued as essential element to be organized and worked. Geoprocessing, considered as group of technologies, methods and processes that treat geographical digital data, come consolidating as potent instrument for the Urban Planning, activities mainly where it refers to geographical data visualization, urban space analyses, and phenomenons simulation. This work has as main objective to show that those technologies can increase the Urban Planning actions, being a great help to the professionals that work daily with urban space data. For that it was looked for to develop a work methodology, using those technologies, to identify Free Areas for Urban Occupation in Salvador city. The resulting maps of this work intend to be study object for understanding urban space of Salvador and how the city can address its growth and development.

Key words: Geoprocessing; Urban Planning; Salvador.

1. Introdução

O Planejamento Urbano sempre se propôs a estudar os processos e fenômenos inerentes à dinâmica e desenvolvimento das cidades, e para tal as análises espaciais serviram, em algumas épocas mais, outras menos, como suporte para esses estudos. Nesse contexto o dado espacial ou geográfico foi valorizado como elemento essencial a ser organizado e trabalhado.

Antes do advento das tecnologias informatizadas as técnicas para o tratamento de dados geográficos tinham como suporte de apresentação e visualização o mapa em papel, o que dificultava muito a produção de informações geradas com análise espacial.

Nos últimos dez anos as tecnologias de Geoprocessamento se consolidaram como potentes instrumentos para as atividades de Planejamento Urbano, trazendo velocidade no processamento dos dados geográficos, amplas possibilidades de visualização, de análises espaciais urbanas e simulação de fenômenos, além de serem capazes de lidar com grandes bases de dados.

Essas tecnologias vêm influenciando de maneira positiva as atividades relacionadas ao planejamento territorial, pois permitem a tomada de decisões baseada no processamento integrado de dados e na comunicação interdisciplinar. As exigências por novos e mais eficientes processos de produção de informação geográfica são particularmente prementes nas regiões metropolitanas, pela sua complexidade em relações econômicas, políticas e sociais.

O uso de Geoprocessamento, além de oferecer velocidade e eficiência no processamento de dados espaciais, supera a dificuldade em produzir mapas síntese a partir do processamento manual de grande quantidade de dados. Permite também a visualização de várias camadas de informação propiciando um dinamismo no uso dos mapas, antes não aplicado com tanta facilidade.

Esse trabalho tem como objetivo principal mostrar como essas tecnologias podem potencializar e incrementar as ações relativas ao Planejamento Urbano, sendo de grande valor para os profissionais que trabalham no seu cotidiano com dados espaciais urbanos, e por conseguinte para os cidadãos que podem usufruir uma cidade melhor gerenciada. Para isso buscou-se desenvolver uma metodologia de trabalho, usando as tecnologias de Geoprocessamento, para

identificar as áreas ainda disponíveis para ocupação urbana no Município de Salvador, tendo em vista uma preocupação com o crescimento urbano da cidade.

Existe uma preocupação grande em relação à expansão espacial que Salvador vem sofrendo nos últimos anos, o que aponta uma futura indisponibilidade de terras para ocupação urbana, que acarretaria problemas para a cidade e para sua região de influência. Por isso se faz necessário a utilização de recursos precisos na identificação dessas áreas livres para edificação de prédios destinados tanto para habitação como para outras atividades urbanas.

A partir do desenvolvimento da metodologia pretendeu-se também investigar a utilização de tecnologias de Geoprocessamento em Planejamento Urbano e estudar processos de Análise Espacial aplicados em questões urbanas.

A finalização do trabalho resultou na elaboração de cartografia contendo, além das áreas ainda não ocupadas e propícias para ocupação urbana, elementos básicos necessários para elaboração do trabalho e cruzamento dos resultados finais com outras informações urbanas.

A metodologia desenvolvida foi baseada no estudo preliminar de tecnologias computacionais e técnicas de Análise Espacial, definição dos dados que seriam coletados e como seriam coletados e processados, e produção de mapas básicos e mapas síntese para visualização das informações produzidas.

Para a execução do trabalho foi necessário o uso integrado de vários *software* que possibilitou trabalhar com as diversas fontes de dados simultaneamente. Outro aspecto que favoreceu o trabalho foi o acesso a uma base digital de Salvador, com dados atualizados de 1991, que serviu como base para o desenvolvimento do trabalho.

Os conceitos referentes a Geoprocessamento são apresentados no capítulo 2, onde é esclarecido o ponto de partida para se entender como essas tecnologias se apresentam e interagem entre si. Além disso, conceitos fundamentais como Base de Dados, Análise Espacial e Visualização Cartográfica são apresentados e estudados. Esses conceitos são importantes para o entendimento dos processos e métodos desenvolvidos para se chegar ao objetivo proposto no trabalho.

No capítulo 3, trata-se da influência do Geoprocessamento em atividades relacionadas a Planejamento Urbano e suas aplicações e de novos instrumentos para conhecimento da realidade, simulação de fenômenos e tomada de decisão. Discute-se também a importância do desenvolvimento e armazenamento de bases de dados digitais urbanas para a consolidação do uso das tecnologias de Geoprocessamento em atividades ligadas ao Planejamento Urbano.

Todo o processo e metodologia desenvolvidos para identificação e qualificação de áreas livres para ocupação urbana em Salvador, através das tecnologias de Geoprocessamento é relatado no capítulo 4. Mostra-se como foi montada a base de dados necessária para o desenvolvimento do trabalho, que processos foram efetuados sobre os dados e os resultados que são apresentados como uma contribuição cartográfica.

Os mapas resultantes desse trabalho, apresentados no capítulo 4, pretendem ser subsídio para estudos que favoreçam o entendimento do espaço urbano de Salvador e de como a cidade pode direcionar o seu crescimento e desenvolvimento.

É importante observar que todo trabalho desenvolvido contou com o apoio logístico do LCAD – Laboratório de Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura e Urbanismo/FAUFBA, onde estão alocados alguns computadores capazes de processar bases de dados relativamente grandes, e alguns programas de Geoprocessamento, como MapInfo, AutoCadMap, Microstation Decartes, ArcView, ArcMap, etc., que foram utilizados para o objetivo do trabalho.

Além disso, vale ressaltar que o tema abordado está associado ao trabalho desenvolvido pelo grupo de pesquisa de Geoprocessamento, coordenado pelo Professor Gilberto Corso Pereira, contando com o apoio de 3 bolsistas, dois do Programa de Iniciação Científica/CNPQ e um do LCAD. Isso facilitou a apropriação de uma base de dados espaciais digitais sobre Salvador, já constituída e organizada, o que possibilitou o desenvolvimento de todos os processos necessários para a produção dos mapas.

2. Tecnologias de Geoprocessamento

2.1 Conceituação

Remonta à década de 1960 a utilização de tecnologias informatizadas em áreas de trabalho, para fins civis, onde a componente espacial é essencial. Segundo Pereira (1999), entre as áreas que trouxeram contribuições metodológicas e conceituais no modo de tratar os dados geográficos, destacam-se Geografia e Planejamento Urbano Territorial.

O surgimento dessas tecnologias foi precedido pelo desenvolvimento de técnicas de sobreposição de mapas monotemáticos, que atendiam à necessidade de integrar dados de naturezas diversas, produzindo assim estudos sintéticos através da combinação de dados geográficos diversos. Um exemplo clássico da utilização dessas técnicas é o de Ian McHarg, arquiteto americano, que na década de 1960 desenvolveu um método de análise e avaliação dos ecossistemas direcionado para o planejamento físico, através do cadastramento, organização, manipulação e armazenamento de variáveis ambientais com o objetivo de construir imagens-síntese dos territórios para caracterizar a região (McHARG, 1971).

A metodologia desenvolvida por McHarg no tratamento dos dados geográficos foi de grande ajuda para a concepção de métodos de análise incorporados às tecnologias de Geoprocessamento, formando as bases da maioria dos modelos computacionais usados hoje sobre o território.

Os primeiros programas de computadores que surgiram para tratar a informação espacial de modo integrado e multidisciplinar serviam para sínteses cartográficas por sobreposição de mapas transparentes ou composição de matrizes geográficas.

O desenvolvimento dessas tecnologias está intimamente ligado ao crescimento do poder computacional das máquinas nas últimas décadas e da maior acessibilidade a *hardware* e *software* que têm sofrido grandes reduções de custo. Paralelo a isso a capacidade de armazenagem de dados continua crescendo, permitindo a formação de bases de dados digitais espaciais cada vez maiores e mais precisas.

Se o progresso tecnológico, por um lado, facilitou o desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, por outro, também permitiu aperfeiçoar os mecanismos de aquisição de dados georreferenciados, ou seja, dados associados a um sistema de coordenadas geográficas. Com isto, aumentou a complexidade de coleta, armazenamento, manipulação e visualização dos dados, em função do seu volume, variedade e heterogeneidade.

Atualmente, as aplicações de SIG variam na extensão da área geográfica considerada – que pode abranger desde um quarteirão em uma cidade até o globo terrestre; em equipamento utilizado – desde um computador pessoal até super computadores e na abrangência – de interesse particular até de agências governamentais de diferentes países.

Segundo Pereira (1999) os sistemas de Geoprocessamento resultaram da evolução tecnológica em diversos campos correlatos, tais como Topografia (MDT – Modelo Digital de Terreno), Cartografia Digital, Computação Gráfica (CAD – *Computer Aided Design*), programas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD), sendo as aplicações militares as que forçaram o desenvolvimento destas áreas com grandes investimentos estatais. Esses sistemas se apóiam em áreas que desenvolvem conceitos e teorias para se lidar com questões espaciais – ciências como Geografia, Geometria, Topologia, Estatística e Semiologia.

No decorrer dos últimos 30 anos pode-se visualizar o desenvolvimento das tecnologias de Geoprocessamento do seguinte modo, como mostra a Figura 1:

Figura 1: Desenvolvimento das tecnologias de Geoprocessamento

Pode-se definir Geoprocessamento como conjunto de tecnologias, métodos e processos para entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados e informações geográficas. Essas tecnologias possuem abrangência interdisciplinar, caracterizando-se como uma área de conhecimento multidisciplinar (OPEN GIS CONSORTIUM,1999; PEREIRA,1999; TEIXEIRA & CHRISTOFOLETTI,1997). No Quadro 01, a seguir, mostra-se o conjunto de tecnologias que se enquadra na definição acima e sua área de atuação:

Quadro 1 – Conjunto de tecnologias associadas ao Geoprocessamento

CAD – <i>Computer Aided Design</i> , ou PAC – Projeto Auxiliado por Computador	Uso de computadores em desenvolvimento de projetos nas mais diversas áreas técnicas com funções de edição de desenho, modeladores tridimensionais e cálculos geométricos.
Cartografia Digital	Sistema para construção, confecção e visualização de mapas por computador com tratamento de dados gráficos e alfanuméricos
GPS – <i>Global Position System</i> , ou Sistema Global de Posicionamento	Sistema que permite, através de sinais transmitidos por satélites, determinar com precisão posições sobre a superfície terrestre.
MDT – Modelagem Digital de Terreno	Geração de modelos tridimensionais digitais de terreno para análises visuais, cálculos e cruzamento com outras bases de dados.
PDI – Processamento Digital de Imagens	No Processamento Digital de Imagens as operações consistem, além da digitalização de imagem analógica, no controle de contraste, proporção de cores, delineamento das feições, realce de cores e filtragem.
SADE – Sistema de Apoio a Decisão Espacial	Sistema cuja estrutura é composta por bancos de dados espaciais e bancos de modelos que possibilitam simulações de fenômenos espaciais e suas implicações.
Sensoriamento Remoto	Conjunto de processos e técnicas usados para captar e registrar a energia refletida ou emitida pela superfície terrestre através de sensores remotos (satélites, aeronaves) gerando assim imagens que podem ser digitais ou não.
SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados	Sistema com funções que garantem organização, armazenamento, acesso, segurança e integridade dos dados numa estrutura de banco de dados, atuando como interface entre programas de aplicação e o sistema operacional.
SIG – Sistema de Informações Geográficas	Sistema automatizado usado para coletar, armazenar, analisar e manipular dados geográficos. A visualização desses dados no final do processo de geração de informação geográfica é outra importante função desses sistemas.
Topografia Automatizada	Utilização de processos automatizados em levantamentos topográficos, inclusive o uso de uma estação total, que é um sistema que coleta dados em campo com precisão e é compatível com software de desenho.

Elaboração: Silvana Carvalho – 2002

Fonte: ARONOFF (1995), BURROUGH (1996), CÂMARA et al. (1996), HUXOLD (1991)

Essas tecnologias relacionam-se entre si e compõem um conjunto de instrumentos que podem vir a ser de grande utilidade para os profissionais que têm o espaço geográfico como objeto de estudo e análise:

Figura 2 – Inter-relação entre as tecnologias ligadas aos SIGs

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, citados acima, podem ser entendidos também numa concepção muito mais ampla que a citada. O conceito que se quer trabalhar aqui coincide com o defendido por Pereira (1999), que entende esses sistemas sob duas óticas:

- Num sentido mais amplo – *latu sensu* – os SIGs referem-se ao conjunto de *software*, *hardware*, base de dados e organização que tem como enfoque central a informação espacial, ou seja, referem-se ao processo de gerar novas informações espaciais através de tecnologias computacionais e,
- Num sentido mais restrito – *strictu sensu* – os SIGs referem-se a um pacote ou conjunto de *software* que permite o tratamento automatizado de dados gráficos e não gráficos georreferenciados.

O mesmo autor lembra que na literatura americana, os termos são usados indistintamente, seja significando um software, seja denominando um sistema mais completo.

Dentro dessa concepção podemos entender o conceito de Geoprocessamento no âmbito dos Sistemas de Informações Geográficas, num sentido mais amplo, enquanto que num sentido mais restrito os SIGs se enquadrariam como uma das tecnologias de Geoprocessamento. A definição conceitual nessa área é importante devido à grande confusão que se instalou em relação aos termos e conceitos envolvidos e usados entre os usuários que usam as tecnologias computacionais aplicadas ao espaço geográfico nos últimos anos.

Os componentes de um SIG podem ser visualizados, da seguinte maneira:

Figura 3 – Componentes de um SIG

2.2 Construção do SIG

Os SIGs são representações úteis para propósitos definidos – é fundamental o entendimento de que o seu desenvolvimento não pode prescindir de um projeto que define as etapas a serem implementadas no sistema. Além disso, é necessário ter uma visão multidisciplinar do problema e dos componentes necessários.

O processo de implantação de um Sistema de Informações Geográficas, segundo Câmara et al. (1996), pode ser dividido em três grandes fases: modelagem do mundo real, criação do banco de dados geográficos e operação:

- A fase de modelagem do mundo real engloba a modelagem de processos e de dados a partir de problematizações sobre fenômenos do mundo real;
- A criação de um banco de dados geográficos exige várias etapas: coleta de dados relativos aos fenômenos de interesse identificados na modelagem, tratamento dos dados coletados e georreferenciamento dos dados;
- A fase de operação, ou análise espacial, refere-se tanto ao uso em si do SIG, quanto ao desenvolvimento de aplicações específicas por parte dos usuários a partir dos dados armazenados, reconstruindo visões da realidade.

Além das etapas citadas acima pode-se acrescentar também a saída de dados, que está associada à Visualização Cartográfica, ou sobre as novas mídias e os novos processos para a apresentação cartográfica.

Todas as fases do desenvolvimento de um SIG serão aprofundadas nos tópicos seguintes e são mostradas na Figura 4, a seguir.

2.2.1 Modelagem espacial

Existem diferentes concepções de Sistemas de Informações Geográficas para os diferentes problemas e demandas sobre a informação geográfica - diferentes problemas e até um mesmo problema pode ser encarado por enfoques múltiplos. Daí a necessidade do desenvolvimento de projetos e modelos para SIG, que passa pela identificação dos propósitos do sistema para as aplicações específicas.

Hagget e Chorley (1975) definem modelo como uma estruturação simplificada da realidade apresentando suas características ou relações importantes. É uma aproximação subjetiva da realidade, por não incluírem todas as medidas ou observações associadas, mas obscurece detalhes desnecessários e permite o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade, para quem a está observando. O modelo traduz a compreensão do pesquisador sobre a realidade, que nunca estará representada integralmente.

O modelo de dados em SIGs nada mais é que uma representação simplificada de uma entidade física ou geográfica do mundo real, de um processo ou fenômeno onde o fator espaço geográfico é fundamental, que permite fazer simulações e previsões que dão suporte a uma futura tomada de decisões necessária sobre esse espaço ou fenômeno geográfico (CÂMARA et al., 1996).

Na modelagem espacial o pesquisador escolhe um aspecto ou conjunto de aspectos de seu interesse, que possibilita reconstruir a realidade espacial e prever transformações. Na definição de um projeto de SIG a etapa de modelagem espacial é fundamental, pois serve como um instrumento de planejamento - é no modelo que se define o processo de entrada e de análise de dados que serão utilizados para se chegar à informação desejada.

2.2.2 Base de dados

Um componente muito importante do SIG é a base de dados que contém o conjunto de dados que representa o modelo do mundo real, que o sistema pretende representar, e possibilita extrair informações do sistema. Esta base, comumente chamada de Base Digital de Dados Espaciais - BDDE é formada por dados que vêm de fontes diversas tais como levantamentos cadastrais, censos, imagens de sensoriamento remoto, mapas, levantamentos aerofotogramétricos, etc. A BDDE designa os arquivos digitais provenientes dessas fontes e construídos segundo restrições específicas impostas pelo particular uso a que se destina esse arquivo digital e referem-se à estrutura de dados e à modelagem do mundo real, anteriormente referida (PEREIRA,1999 e QUINTANILHA,1995).

Os dados geográficos são todos aqueles associados a uma localização terrestre, através de um sistema de coordenadas conhecido e que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente a informação e indispensável para analisá-la. São dois os tipos de dados usados numa BDDE:

- Os dados gráficos, que podem apresentar um formato vetorial – onde qualquer entidade ou elemento gráfico é armazenado em três formas básicas: ponto, linha, e área (ou polígono), ou matricial (*raster*) – que consiste no uso de uma malha quadriculada regular, composta por “pixels” (*picture element*), sobre a qual se constrói o elemento que está sendo representado, e
- Os dados descritivos, que consistem em informações alfanuméricas como nomes, números, tabelas, textos, ou toda informação descritiva relacionada com uma única entidade gráfica ou um conjunto delas, que caracterizam um dado fenômeno geográfico.

Uma base de dados geográfica requer uma atenção especial na implantação de um SIG, pois a quantidade, a qualidade e o modo de aquisição dos dados no sistema são fatores determinantes da eficácia das respostas que o sistema pode oferecer.

Quanto à formação da BDDE, Quintanilha (1995) apresenta dois problemas a serem enfrentados:

- Os dados representados em papel (ou outro meio gráfico equivalente), que precisam, em algum estágio da atividade técnica, ser transformados para algum formato digital e manipulados por computador;
- Os dados oriundos de documentos gráficos, já no formato digital, precisam ser padronizados e normalizados de maneira a permitir troca de informações e a geração de arquivos portáteis.

Em ambas situações, pretende-se que os produtos digitais resultantes representem uma realidade, com fidelidade aos produtos originais que os geraram e que sejam adequados ao uso final previsto nos SIGs.

Os dados são de importância fundamental num sistema de informações, pois gera-se a informação a partir de processos de análises aplicados a eles: combinação, interpretação ou processamento dos dados, definidos pelos propósitos delineados desde o início do projeto do sistema.

Para a plena utilização do potencial trazido pelas tecnologias de Geoprocessamento – organização, interpretação, análise, apresentação e comunicação de dados espaciais, é necessária uma atenção à formação da Base de Dados Digitais Espaciais, que deve passar por um processo criterioso de conversão de dados, segundo restrições impostas pelo uso ao qual essa se destina.

Assiste-se hoje à substituição de processos demorados e onerosos de aquisição de dados geográficos por processos mais simples e mais econômicos devido às novas possibilidades tecnológicas. Um exemplo disso é o uso de levantamentos aerofotogramétricos, com restituição analógica ou digital, e de levantamentos topográficos para obtenção de dados cadastrais, que demandam altos custos.

Atualmente é possível conseguir esses mesmos dados através da vetorização de fotos aéreas digitais, processo que será explicado a seguir, com ganho em tempo e custo. São muitos os processos usados para coleta e entrada de dados espaciais em um Sistema de Informações

Geográficas; porém os mais utilizados pelo usuário comum, através de tecnologias relativamente simples e que também foram testados durante o desenvolvimento desse trabalho através dos *software* citados anteriormente, consistem em:

- Digitalização de mapas

A digitalização ou “rasterização” é a discretização (ou transformação) do mapa em unidades retangulares homogêneas – *pixels* – através do uso do *scanner*, que é um equipamento eletrônico que através de um feixe de luz, refletido pelo mapa, é registrado por um sensor. Cada *pixel* detectado possui tamanho e cor que variam de acordo com o sistema utilizado.

- Georreferenciamento de imagens

A forma mais usual de obtenção de imagens aéreas digitais, através da utilização de câmaras aero-transportadas, provoca distorções que precisam ser corrigidas, para que elas sejam perfeitamente aplicáveis à base cartográfica existente, com uma margem de erro desprezível - segundo o IBGE (2002) a precisão gráfica é a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho na mencionada escala e o menor comprimento gráfico que se pode representar é de 0,2 mm, sendo este o erro admissível na cartografia. O processo consiste no registro da imagem em relação a uma base cartográfica vetorial ou a pontos localizados, ou seja, são selecionados alguns pontos na imagem (quantos sejam necessários) que possuam coordenadas definidas em outra base de referência, e a partir de então é feito um cálculo de ajuste da imagem, a partir dos pontos selecionados.

- Mosaicagem de imagens

Criar um mosaico de imagens é formar uma única imagem a partir de um conjunto de imagens aéreas, proporcionando assim uma representação contínua do território. As ferramentas de montagem de mosaicos são utilizadas para balancear os tons de cor entre todas as imagens do mosaico e criar uma única imagem cortando ou sobrepondo as partes excedentes.

- Vetorização em tela

A vetorização é o processo de transformar entidades gráficas de forma analógica para a forma vetorial digital. A partir de uma imagem georreferenciada, seja uma foto aérea ou seja um mapa digitalizado, é possível trabalhá-la num *software* CAD, através do qual é feita a vetorização em tela (digitalização *heads-up*) de feições sobre a imagem do território. Essa vetorização, a depender da qualidade da imagem e do processo usado, pode ser manual, semi-automática ou inteiramente automática.

- Conversão de formatos

Quando a formação de uma base de dados é concebida para determinado fim e será utilizada em outra aplicação é necessário aplicar um processo de transferência de dados, ou seja, efetuar algumas transformações sobre o formato do arquivo digital para adequar o produto à finalidade e ao novo modelo de dados.

2.2.3 Análise espacial

Uma das funções básicas do SIG é a Análise Espacial através da qual se produz informação nova a partir do tratamento e processamento de dados geográficos que pode auxiliar processos de tomada de decisão. Análise Espacial pode ser entendida como conjunto de técnicas para análise de eventos geográficos cujos processos dependem da disposição espacial dos dados e da tecnologia disponível.

Em função da amplitude e diversidade de perfis de usuários, tipos de dados e necessidades das aplicações, SIGs precisam prover os usuários e projetistas de aplicações com um conjunto adequado de funções de análise e manipulação dos dados geográficos.

As funções de Análise Espacial são dependentes dos tipos de dados envolvidos e resultam em sínteses para o entendimento da cidade. A análise espacial geográfica engloba funções como superposição de camadas de informação (*overlay*), medidas entre pontos localizados, mapas de distância, mapeamento de seleções de dados feitas a partir de questões formuladas ao sistema, dentre outras. O processamento digital de imagens envolve funções ligadas à análise espacial como retificação, contraste, filtragem, realce e classificação. Modelos numéricos de terreno permitem a geração de mapas de declividade, cálculo de volumes, análise de perfis, além da própria geração do modelo a partir de pontos esparsos ou linhas, entre outras funções. Operações sobre redes incluem operação para caminhos ótimos, caminhos críticos e ligação topológica.

As aplicações urbanas de Geoprocessamento são bastante amplas e possibilitam análises sobre o espaço urbano até então inviáveis. A análise espacial configura-se como uma das mais importantes aplicações de Geoprocessamento para extrair informações de uma base de dados geográfica (PEREIRA e CARVALHO, 1999).

2.2.4 Visualização cartográfica

Atualmente podemos acompanhar um grande avanço na tecnologia multimídia que vem favorecendo a disponibilização de produtos cada vez mais interativos para o público. Nesse contexto é importante considerar os mapas como instrumentos dinâmicos interativos de informação espacial, contrastando com o tradicional mapa de papel - instrumento estático de armazenamento para o dado espacial (MacEACHREN,1994).

A cartografia computadorizada nasce para atender a demanda de gerenciamento e manipulação de uma nova corrente de informação, cuja produção é marcada pela flexibilidade e pela diversidade de análises. Nunca foi tão fácil armazenar e manipular a informação, ao mesmo tempo que jamais existiu tanta dificuldade para descrever a realidade complexa das cidades contemporâneas, formadas por uma multiplicidade de fatores, com impossibilidade de serem absorvidos na sua totalidade e com fidelidade.

Nesse contexto insere-se o conceito de visualização cartográfica como “instrumento de auxílio no entendimento de fenômenos, processo e estruturas espaciais”. No caso de aplicações urbanas, outra função importante da visualização é comunicação - entre planejadores, técnicos, administradores, pesquisadores e cidadãos. Através da visualização de múltiplos mapas pode-se comparar, separar, relacionar, indicar tendências, representar valores, ou localizar dados e/ou objetos geográficos (PEREIRA e CARVALHO,1999).

Com base em Peterson (1995) pode-se afirmar que a visualização em SIG pode envolver seleção, coleta de dados, organização, modelagem e representação, e tem influenciado muito todas as formas de análise de dados. A visualização reafirma a importância da ilustração gráfica em todos aspectos de análise e interpretação, partindo do princípio que o homem tem habilidades especiais para interpretar visualizações gráficas e que essas habilidades devem ser utilizadas. Novos elementos importantes de interface de visualização, que surgiram recentemente, são a interatividade e a animação.

Segundo Câmara et al. (1996) a apresentação de dados geográficos e de resultados de consulta é um aspecto fundamental da interface de um SIG, que deve oferecer pelo menos as seguintes funções: facilidade para visualização de objetos geográficos nos espaços 2D e 3D, incluindo comandos para controlar padrões de preenchimento; ajuda ao usuário na formulação de consultas utilizando a informação gráfica presente na tela; formas de combinar os resultados de várias consultas e de construir legendas para o conteúdo apresentado e, ainda, funções de interface gráfica, como possibilidade de mudança de escala ou funções de análise estatística.

O sistema de visualização deve preocupar-se não apenas em mostrar resultados, mas também em oferecer ao usuário facilidades para manipular os elementos visualizados permitindo construir novas consultas.

Wood (1994) lembra que os sistemas de visualização computadorizados herdaram as técnicas tradicionais de criação de mapas para descrição e análise, como também toda a simbologia usada na cartografia. As muitas visualizações inventadas no passado pré-computador dependiam da geração manual de elementos gráficos, na confecção dos mapas, o que freqüentemente restringia muito sua aplicação. Um pesquisador hoje pode ter necessidade de imprimir centenas de mapas a partir da combinação de alguns dados, o que era impossível de ser resolvido nessa abordagem tradicional. A pobreza da interação entre investigador, instrumento gráfico e dado era uma das principais dificuldades para o uso mais efetivo de mapas na época anterior à revolução da microinformática. Ainda segundo o autor, o papel facilitador do SIG e da visualização cartográfica não apenas realça a razão da cartografia, mas abre novas possibilidades para inovação no desenvolvimento e uso da mesma como um instrumento exploratório.

Parece evidente que a cartografia tradicional esteja destinada a ser superada pela cartografia digital, devido às vantagens da informática, entre as quais estão a velocidade, confiabilidade, elevada capacidade de armazenamento de informações e facilidade na coleta dos dados.

A computação gráfica vem produzindo uma série de novas capacidades. A habilidade para manipular cores é um bom exemplo disso. Novos tipos de mapas são criados e novos meios para sua demonstração e visualização. Existem mapas que podem ser apresentados em perspectiva ou modelados tridimensionalmente.

Além do mais, o computador retirou da cartografia as tarefas tediosas. Quem experimentou fazer cartografia manualmente sabe o quanto é trabalhosa a produção manual de mapas, acrescentadas às limitações de desenho.

Segundo Borges e Fonseca (1995), a evolução dos SIGs e do seu uso permitiram uma mudança em relação à cartografia convencional no que se refere à representação de dados digitais. Os SIGs mudaram o modo de se trabalhar com mapas, aumentando a flexibilidade e possibilitando expressões e formas que antes eram realizadas de maneira muito trabalhosa ou impossíveis de se fazer, como, por exemplo, a possibilidade de recursos gráficos usados para comunicação direta com o usuário na entrada de dados e exibição de informações armazenadas nas bases de dados geográficas, permitindo variação de cor, forma, padrões de preenchimento.

A representação cartográfica deve acompanhar esta mudança através de novos padrões e formas que não só se adequem aos SIGs, mas também utilizem todo o potencial que estes sistemas possuem.

O papel do computador em cartografia está mudando – antes era usado exclusivamente como um instrumento para auxiliar os cartógrafos na confecção de mapas, agora o computador está transformando-se num meio de comunicação com mapas sendo visualizados diretamente na tela do computador, com processos de interação e animação.

Com o computador, inventaram-se novos tipos de mapas, bem como novos meios de fazer os velhos tipos. Um bom exemplo é a descrição numérica de terreno. Agora podem-se gerar descrições do terreno próximas da realidade para simulá-lo. Outro exemplo é a confecção de mapas temáticos por não cartógrafos, com o uso de dados estatísticos associados a componentes geográficos. Além do mais, facilitou-se a produção de mapas para aqueles sem um treinamento formal na disciplina.

Nos SIGs usam-se dados geográficos, e as análises feitas nesses sistemas resultam em respostas cartográficas. Como resultado, a sua interface serve como o próprio sistema de visualização. Um grande sinal das mudanças devidas ao desenvolvimento da cartografia computadorizada é que o SIG tem sido o primeiro contato que muitas pessoas fazem com a cartografia.

Em Planejamento Urbano a visualização cartográfica é fundamental na etapa de diagnóstico, como um instrumento de análise espacial. O uso de visualização cartográfica a partir da base de dados digitais possibilita uma grande quantidade de análises e simulações, indispensáveis ao entendimento da cidade.

Um dos principais problemas dos cartógrafos era obter dados para mapear, hoje o surgimento das tecnologias de informação torna acessível uma grande quantidade de dados, e a dificuldade agora passa a ser a necessidade de converter dados em informação útil, problema cuja solução passa pela utilização de produtos cartográficos como mapas obtidos a partir de técnicas de visualização baseadas em tecnologias de informação (PEREIRA e CARVALHO).

A produção de mapas por profissionais que lidam com a informação espacial e que não são cartógrafos está sendo facilitada pelos novos programas de mapeamento digital. O mapa de papel, estático, tende a ser substituído pelas várias possibilidades de visualização dinâmica que a tecnologia vem proporcionando, trazendo novas formas e novos usos para os mapas. Em métodos tradicionais de mapeamento uma informação poderia demorar dias ou semanas para ser gerada e representada em um mapa analógico. Atualmente, a depender do acesso a bases de dados geográficas, essa mesma informação pode ser obtida rapidamente através de fotogrametria e imagens de satélite e até pode ser cruzada com outras informações, de acordo com as necessidades de análise.

Com o desenvolvimento da cartografia computadorizada, novas discussões emergem, como, por exemplo, se os mapas atuais devem continuar sendo em papel - a produção tradicional é muito cara do ponto de vista de armazenamento e atualização manual. Atualmente novas mídias são avaliadas e algumas já estão sendo utilizadas, como CD ROM, vídeo e hologramas.

O surgimento de bases de dados digitais integradas, o uso de multimídia e de técnicas de visualização bidimensionais e tridimensionais, devem levar a Cartografia a um novo estágio que começa agora a ser explorado (PEREIRA e CARVALHO,1999).

Monmonier e MacEachren (apud MacEACHREN,1994) afirmam que a visualização cartográfica não é simplesmente um novo nome para Cartografia e dão um passo enfatizando as mudanças nas tecnologias de computação que fazem interação em tempo real com o usuário. Os autores sugerem não somente uma diferença tecnológica nos instrumentos para

representação, mas uma diferença fundamental na forma como os analistas interagem com tais representações:

“O computador facilita a descrição de movimento e de mudança do dado, múltiplas vistas de um mesmo dado, interação do usuário com os mapas, realismo (através de visões tridimensionais e outras técnicas), realismo falso (através de gerações de fractais de superfície) e a mistura de mapas com outros gráficos, textos e sons. A visualização geográfica através de tecnologia de computação permite uma interação visual de pensamento/mapa em tempo real com as mostras cartográficas apresentadas tão rapidamente quanto um analista pensar e precisar dela.” (p.5)

A utilização de SIG permite tanto a integração de dados de diferentes fontes, como a combinação desses dados, colocando o mapa dentro do processo de análise espacial de dados geográficos, o que vai além da função de representação final do processo de análise.

2.3 Aplicações

O recente desenvolvimento tecnológico aplicado tanto à área de mapeamento digital como de visualização incrementa a capacidade de análise e interpretação de dados espaciais e geográficos e potencializa a automatização de análises urbanas, a partir de uma base cartográfica e de um banco de dados, com finalidades de entender e apreender o espaço das nossas cidades.

Atualmente não somente especialistas atuam na área de Geoprocessamento - também geógrafos, geólogos, cartógrafos, arquitetos, engenheiros, urbanistas; enfim, profissionais que lidam com o espaço não podem prescindir desses novos instrumentos, como suporte para análise e propostas em suas respectivas áreas de atuação. Essa tecnologia atualmente é usada amplamente por agências governamentais, empresas privadas e instituições de pesquisa.

Segundo os dados da pesquisa realizada no âmbito da REBATE – Rede Baiana de Tecnologias em Informação Espacial/LCAD relatada por PEREIRA, ROCHA e CARVALHO (2002), mostra-se que “o corpo técnico envolvido ... (nos projetos de Geoprocessamento desenvolvidos por empresas baianas) possui formação variada ... predominando engenheiros, analistas de sistemas, geógrafos, geólogos e arquitetos”.

Os Sistemas de Informações Geográficas comportam diferentes tipos de dados e aplicações em várias áreas do conhecimento, como por exemplo:

- Gestão e análise de informações sobre o meio edificado,
- Gestão de redes de serviços urbanos,
- Análise de tráfego urbano,
- Análise de demandas de equipamentos urbanos,
- Suporte para análises de mercado,
- Monitoramento do meio ambiente,
- Análise espacial para o planejamento regional e urbano,
- Gestão de cadastros imobiliários e rurais.

Em se tratando de desenvolvimento de atividades de pesquisa e análise ligadas ao Planejamento Urbano, os SIGs trouxeram grandes facilidades e vantagens, dentre elas as principais são (PEREIRA e CARVALHO, 2000):

- . Gerenciamento de base de dados, capaz de suportar grandes quantidades de dados - quanto maior e mais complexa a cidade maior a quantidade de dados a serem coletados e analisados;
- . Potencialidade para gerar informações novas por processamento espacial, produzidas pela integração de vários níveis de informação - integração de dados oriundos de diversas fontes, ampliando a capacidade de análise do planejador;
- . Flexibilidade e habilidade para produzir rápidas respostas para mudanças interativas na definição de categoria de dados, através de mapas, gráficos e tabelas - a visualização das informações é incrementada pelas novas possibilidades tecnológicas.

As instituições, governamentais ou privadas, que lidam com atividades de gestão e planejamento urbanos cada vez mais precisam dessas tecnologias como suporte para suas atividades e na produção de informações geográficas.

3. Tecnologias de Geoprocessamento aplicadas ao Planejamento Urbano

3.1 Geoprocessamento e Planejamento Urbano

O Planejamento Urbano enquanto processo de intervenção da realidade necessita de instrumentos eficazes na produção de informação. As tecnologias de Geoprocessamento começam a exercer grande influência em atividades relacionadas a Planejamento Urbano, oferecendo novos instrumentos para conhecimento da realidade, simulação de processos e tomada de decisão.

A complexidade do espaço urbano contemporâneo é fruto da síntese de multiplicidade de fatores que o compõem. Para intervir nas cidades é necessário fazer uma leitura dos fatores que interferem nessa realidade. Com a finalidade de um maior entendimento da cidade é possível introduzir nos processos e métodos do Planejamento Urbano essas novas tecnologias informatizadas.

Segundo Pereira (1996), a primeira ação do planejamento é a tentativa de conhecimento da realidade – o chamado diagnóstico – ou a identificação de problemas. Após os trabalhos de Patrick Geddes (SAMPAIO, 1999 e CHOAY, 1979) na Inglaterra, consagrou-se no Planejamento Urbano a prática dos “*urban surveys*” – levantamentos urbanos extensivos sobre configuração espacial, distribuição de usos, atividades, população, serviços e infra-estruturas.

Nos últimos anos, o interesse pelos SIGs cresceu, tanto do ponto de vista prático como científico, devido a uma maior demanda de informações a baixo custo para a gestão de recursos de várias naturezas. Esta demanda está hoje em crescente desenvolvimento, sobretudo na administração pública local, regional e estadual, bem como no setor privado (SECONDINI, DURAZZI e MUZZARELLI, 1993).

As grandes instituições de pesquisa (principalmente internacionais), o mercado de *software* e a administração pública, que tem o encargo de controle e gestão do território, favoreceram o desenvolvimento do SIG, que é utilizado para facilitar atividades comuns como a gestão do cadastro de propriedades e controle de recursos ambientais. O SIG também pode ser empregado por empresas privadas que atuam no setor de distribuição de serviços coletivos (gás, água,

energia elétrica) que tem no território a principal referência ao desenvolvimento de suas atividades.

No que se refere ao planejamento e gestão do território, o SIG é uma ferramenta fundamental, uma vez que a complexidade dos problemas com os quais deve lidar um planejador torna imprescindível a fase de análise dos fenômenos relativos às questões urbanas e regionais, o que implica a definição física e quantitativa dos componentes sócio-econômicos expressos geralmente em dados estatísticos.

Nesse contexto, percebe-se uma preocupação de mudança nas abordagens disciplinares utilizadas no planejamento do território, a exemplo do Urbanismo, da Geografia e todas as disciplinas que fazem referência ao espaço, a partir das evoluções no âmbito da tecnologia da informação.

Porém, segundo Pereira (1999) ainda que o surgimento de tecnologias de informação tenda a mudar atividades como gestão e Planejamento Urbano, o desenvolvimento tecnológico tem sido mais veloz do que o desenvolvimento de métodos e conceitos para se lidar com aplicações destas tecnologias. A introdução de uma tecnologia nova como Geoprocessamento, em processos de gestão e Planejamento Urbano, pode causar impactos na organização municipal, pois provoca mudanças em procedimentos, métodos e atitudes, como por exemplo, as atualizações cadastrais sobre o território urbano, hoje favorecidas por essa tecnologia, podem ser realizadas com mais velocidade e eficácia, trazendo muitas implicações e mudanças de tarefas em órgãos governamentais.

A tomada de decisão pelas instituições de planejamento e gestão urbana quase sempre envolvem dados geográficos; os SIGs aparecem nesse cenário como grandes facilitadores no processo de análise e apresentação das informações geradas a partir desses dados.

Santos (apud PEREIRA, 1999) afirma que nos dias atuais tornou-se praticamente impossível realizar um estudo global e aprofundado das grandes cidades, pelo tamanho que elas vêm tomando, pela multiplicidade de variáveis que a compõem, e pela rapidez das transformações.

Os SIGs são modelos ou representações do “mundo real” que permitem uma manipulação ágil e precisa dos dados com que se percebem os fenômenos.

O plano diretor de uma cidade, por exemplo, que, segundo a Constituição, é “*o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana*” e tem por objetivo “*ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes*” (Art. 182), encontra nesses sistemas um instrumental eficiente que pode ajudar no entendimento dos direcionamentos e tendências da expansão urbana e monitoramento das principais atividades urbanas.

Como exemplo pode-se examinar os trabalhos desenvolvidos pela SEPLAN – Secretaria de Planejamento, Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico da Prefeitura Municipal de Salvador, na elaboração do novo plano diretor da cidade, onde se pode verificar a confecção de mapas sínteses para estudos sobre a dinâmica urbana através de tecnologias de Geoprocessamento. Segundo Teixeira (1998) um dos estudos realizados pela SEPLAN para atualização do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU, resultou no mapeamento da ocupação do solo em toda Salvador, segundo tipologias estabelecidas para o ano de 1998, a partir de fotos áreas digitais sobre a cidade de Salvador.

Podem ser classificadas basicamente em duas as aplicações de SIG ligadas ao espaço urbano – as aplicações de gestão urbana e as de planejamento:

- Aplicações de gestão urbana – sistemas de informação sobre uso do solo, para mapeamento automático e gerenciamento de redes. Os dados utilizados são obtidos através de coletas censitárias, mapas urbanos digitalizados, levantamentos cadastrais e fotografias aéreas.
- Aplicações de planejamento – utilizadas pelas administrações públicas como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões, tanto para a definição de novas políticas de planejamento quanto para avaliação de decisões tomadas.

As vantagens específicas de um Sistema de Informações Geográficas voltado para o Planejamento Urbano podem ser sumarizadas sob três itens genéricos (PEREIRA, 1999):

- A) Análise espacial – a contribuição importante que o sistema oferece às atividades de Planejamento Urbano é a capacidade de gerar nova informação, pelo processamento de dados espaciais. Num SIG, as operações de análise espacial podem se dar por processamento sobre um único plano de informação ou múltiplos planos. A informação mais útil normalmente é produzida pela integração de mais de uma base de dados ou novos níveis de informação.

- B) Organização e integração de dados – a vantagem do uso de SIG sobre os processos convencionais vem da facilidade de integração de dados de fontes diversas que têm em comum uma referência espacial. As técnicas de modelagem mais recentes permitem a modelagem de percepções da realidade bastante complexas. A importância de qualquer modelo de dados é facilitar uma resposta eficiente às questões que são propostas ao sistema.
- C) Visualização – possibilita expor tendências e relações que nem sempre são percebidas numa análise inicial. A vantagem da adoção de tecnologias de Geoprocessamento sobre os processos cartográficos convencionais consiste na flexibilidade, ou seja, na facilidade de produzir novas respostas, mudando-se os parâmetros cartográficos. O SIG permite mudanças interativas entre a definição das categorias de dados, dando como retorno à visualização das conseqüências, além de permitir o cruzamento entre temas diferentes para produzir novas visualizações, gerando comparações e correlações utilizando métodos de modelagem cartográfica.

Questiona-se por que, com tantos benefícios, esta tecnologia ainda tem sido tão pouco utilizada como apoio ao planejamento e à gestão urbana, ou, ainda pior, a sua utilização tem repetido apenas os procedimentos tradicionais de mapas coloridos e pouca análise. Conforme PEREIRA (1999) e conferência proferida por Ilce Carvalho intitulada “Planejamento e Informação – Dados Geográficos: Oferta e Demanda” apresentada no Seminário REBATE: Oferta, Demanda e Políticas, promovido pela REBATE/LCAD em 2001, alguns pontos observados foram:

- Desconhecimento das possibilidades tecnológicas, por parte dos usuários potenciais em planejamento;
- Desgaste da própria atividade de Planejamento Urbano, sinalizado pela falta de instrumentos que facilitem o acompanhamento da evolução urbana;
- Muito esforço é feito no processo de formação de base de dados e equipamentos, e muito pouco ainda no processo – fundamental para o planejamento – de transformar dados em informação, como fonte de subsídio a decisões;
- Falta de disponibilidade de dados e informações, de forma irrestrita, por parte dos órgãos governamentais – o que existe em alguns desses órgãos é uma disputa pelo domínio de informações, originando bancos de dados de usos restritos, ou até confidenciais;

- O dado e a informação são tratados por algumas instituições governamentais como mercadoria - tem prioridade neste sistema quem pode pagar por ele, geralmente grandes usuários, e usos que possibilitam um retorno financeiro;
- As instituições de maneira genérica desenvolvem seus próprios sistemas de informações, não existindo padronização da referência espacial básica que possibilite o cruzamento imediato de dados.

Muitos desses pontos relatados acima podem ser comprovados na pesquisa realizada pela REBATE (PEREIRA et al,2002), com organizações baianas que trabalham com tecnologias de Geoprocessamento. Uma das questões que mais chamou a atenção foi o fato de que o dado geográfico, que deveria ser a princípio disponibilizado para o público em geral pelo Estado, é por uma grande parte das instituições (36%) disponível apenas para uso restrito. Com muita dificuldade e atravessando vários processos burocráticos se consegue o dado desejado, enquanto que outra grande parcela dessas empresas (27%) nem sequer disponibiliza esse dado, apenas 23% disponibiliza o dado sem ônus e 9% disponibiliza a um custo razoável.

Conforme Teixeira (2001), mesmo com todas essas dificuldades é irreversível a incorporação do Geoprocessamento no cotidiano das entidades públicas e privadas que de alguma forma lidam com dados espaciais ou deles dependem para tomada de decisões, haja visto a qualidade dos resultados já experimentados e os ganhos de produtividade no enfrentamento de problemas variados.

3.2 Novos instrumentos para conhecimento da realidade, simulação de processos e tomada de decisão

Segundo Sikorsky (1996), um SIG pode subsidiar o processo de Planejamento Urbano - o que já vem acontecendo em algumas grandes cidades, como, por exemplo, Curitiba, Belo Horizonte, Santo André, Goiânia, etc. (Conferir Anais dos Simpósios de Geoprocessamento promovidos pela USP – Departamento de Transportes/Politécnica em 90, 93, 95, e 97, ou as publicações GIS Brasil 94, GIS Brasil 96, GIS Brasil 97, GIS Brasil 98, GIS Brasil 99 e GIS Brasil 2000) - como fornecedor de informações sobre a realidade urbana e como orientador das ações do poder municipal e dos gastos públicos. O Poder Público, principalmente Governos Municipais, necessita dispor de ferramentas adequadas que permitam ao administrador urbano

elaborar propostas de desenvolvimento territorial e econômico das cidades e auxiliá-lo no processo de tomada de decisões.

Os SIGs possuem características operacionais para tratamento de grande volume de dados relacionados espacialmente, e por isso podem ser utilizados como suporte para resolver problemas complexos de planejamento. Sikorsky (1996) defende que a criação de um banco de dados que integra grande variedade de informações georreferenciadas permite a obtenção de uma imagem mais próxima da realidade. Essa imagem contempla não só a configuração física da cidade, apoiada pelos levantamentos cartográficos, mas também a “radiografia” sócio-econômica da população, a dinâmica do seu funcionamento e todos os seus aspectos urbanos, que são determinantes para sua conformação espacial.

Ainda segundo Sikorsky (1996), o SIG pode ser, além de uma fonte de informações em forma de mapas temáticos, um instrumento articulador do processo de Planejamento Urbano integrado, além de poder incorporar todos os dados de interesse, dispersos nos diversos órgãos da administração pública viabilizando a execução de procedimentos analíticos automatizados. Deve, em primeiro lugar, fornecer subsídios para tomadas de decisões em todos os níveis das administrações municipais, referentes ao atendimento às necessidades da população em relação a equipamentos, infra-estrutura e serviços. Ele pode ser orientado não só para ser utilizado como meio de controlar o ordenamento urbano, mas também como orientador das ações do poder municipal e estadual, e organizações concessionárias responsáveis pela definição dos destinos da cidade e pela melhoria da qualidade de vida de todos os moradores.

Finalmente, o SIG pode oferecer aplicações baseadas numa conceituação sistêmica e globalizante, que proporcionam para o planejamento um aspecto dinâmico, integrado e contínuo no processo permanente de análises urbanas e na medição de repercussões espaciais das intervenções do Poder Público.

Analisar a complexidade das variáveis que influenciam o crescimento das cidades tem se tornado uma tarefa cada vez mais difícil de ser executada, na medida em que as sociedades urbanas se diversificam, e ganham mais mobilidade, deixando de ser cidades para se tornarem aglomerações.

A Análise Espacial urbana, realizada para o Planejamento Urbano, a depender do porte da cidade analisada, deve operar sobre grandes bancos de dados, que somente computadores poderão manipular com eficiência e velocidade.

Além disso, na produção de planos, o SIG pode suprir dados para a formulação de concepções, ferramentas para desenhar alternativas, recursos para a simulação, testes para a validade de hipóteses, geração de mapas, gráficos e tabelas para produção de relatórios.

Com a análise espacial, é possível visualizar o dinamismo da realidade urbana, que é muitas vezes relatada como se fosse estática pelo planejamento público. Cada trecho do espaço urbano pode ser caracterizado, segundo seu perfil sócio-econômico, segundo sua maior ou menor acessibilidade à infra-estrutura e serviços urbanos, valor da terra, densidade de ocupação, uso do solo, etc. (SIKORSKY, 1996).

A utilização de tecnologia permite ampliar o conhecimento sobre a realidade urbana, visualizar e simular os efeitos de intervenções sobre o espaço urbano e submeter estas simulações à avaliação da comunidade e dos agentes sociais interessados podendo dar respostas à demanda social de “controle” sobre as questões espaciais urbanas, que dificilmente se encontra em documentos como os atuais planos diretores.

A análise espacial vem se constituindo como instrumento sofisticado que substitui métodos e procedimentos clássicos no estudo da dinâmica urbana. O grande potencial da análise espacial é o de fazer simulação, seja da realidade como se apresenta, para análise das demandas e necessidades de infra-estrutura, seja da realidade projetada, apresentando propostas de intervenção para atender às demandas clarificadas em processo anterior.

Para quem trabalha com o urbano, a Análise Espacial torna-se cada vez mais um instrumento eficiente de leitura das cidades contemporâneas que são complexas por natureza.

Um dos primeiros exemplos registrados de Análise Espacial sobre dados urbanos, foi verificado no século XIX, precisamente em 1854, quando em Londres sofria-se uma grave epidemia de cólera (doença sobre a qual na época não se conhecia a forma de contaminação) e um médico, Dr John Snow, resolveu colocar no mapa da cidade a localização dos doentes de cólera e dos poços de água. Com a espacialização dos dados, o médico percebeu que a maioria

dos casos da doença estava concentrada em torno de um só poço e ordenou o seu fechamento, o que contribuiu para acabar com a epidemia. O caso forneceu evidência empírica para a hipótese de que a cólera é transmitida pela ingestão de água contaminada (CÂMARA e MONTEIRO, 1999).

Para ilustrar melhor o que precedeu ao desenvolvimento da Análise Espacial por processos digitais, pode-se reportar também ao trabalho desenvolvido pelo arquiteto americano McHarg, que na década de 1960 desenvolveu um método de cadastramento, organização, manipulação e armazenamento de variáveis ambientais com o objetivo de coletar imagens dos territórios para revelar padrões e processos que caracterizam a região.

McHarg trabalhou com o cruzamento por superposição de vários mapas monotemáticos (hidrologia, vegetação, geologia, pedologia, uso do solo, etc...) implicando várias combinações que foram interpretadas em mapas sínteses, através dos quais era possível identificar lugares mais apropriados para determinados usos, como delimitar zonas, analisar acessibilidade, etc. (A metodologia que McHarg utilizou está descrita em seu livro *Design With Nature* de 1971).

Com os SIGs pode-se realizar operações sobre mapas que podem ser feitos a partir de sobreposição de informações, perguntas realizadas (de natureza espacial ou não) ao sistema, análise de redes, modelagem cartográfica, etc., resultando em sínteses para o entendimento da realidade urbana.

Segundo Neves (1997), os modelos de análise espacial possibilitam a descrição e simulação de processos de transformação dos espaços, fornecendo informação acerca do comportamento dos seus elementos integrantes, dos seus sistemas de relações e dos efeitos resultantes ou a resultar das propostas de planejamento.

Batty e Xie (1994) indicam a necessidade de integrar antigos e novos instrumentos para análise espacial e projetos urbanos, principalmente pela necessidade de processamento de grandes volumes de dados que a gestão de cidade implica. Existe uma sub-utilização da tecnologia desenvolvida até então na área de Geoprocessamento – ela ainda não é utilizada com toda sua potencialidade por planejadores ou profissionais ligados ao Planejamento Urbano.

Há anos atrás, um Sistema de Informações Geográficas padrão não oferecia facilidades que oferece hoje a esse profissional, como por exemplo: sobreposição de camadas (*overlay*), associação de variáveis, reconhecimento de zonas de influência (*buffer*), funções já usadas há décadas por planejadores. Ultimamente são oferecidas todas essas funções nos *software* de SIG, de maneira simples, não sendo necessário ter um amplo conhecimento de informática para usá-las.

Em atividades ligadas ao Planejamento Urbano, o SIG pode fornecer o ambiente para a representação da atual estrutura espacial urbana, através da descrição e da quantificação, e através dos instrumentos de análise espacial, inferir possíveis desenvolvimentos futuros.

3.3 SIG: um modelo sistêmico

O uso de tecnologias em processos de análise espacial para estudos urbanos surgiu no âmbito de disseminação de teorias urbanísticas sob o enfoque sistêmico (décadas de 1970 e 1980) que nos é apresentado por Sampaio (1999) como uma das vertentes do ideário urbanístico moderno.

Segundo Sampaio o enfoque sistêmico tem a pretensão de convergir para o urbanismo uma série de disciplinas capazes de dar cientificidade às decisões do Planejamento Urbano, como crítica a um enfoque funcionalista clássico. Seria como se o ideário organicista - ideário influenciado por Patrick Geddes no início do século, onde a rede urbana era entendida como um organismo vivo – fosse adaptado aos novos tempos: da informática, do computador e das decisões quantificadas e complexas (ver mais detalhes sobre as Vertentes do Ideário Moderno em SAMPAIO/1999, p. 364-381).

A visão interdisciplinar do enfoque sistêmico é apoiada na “Teoria Geral dos Sistemas”, de Ludwig von Bertalanffi (apud SAMPAIO,1999) e é uma tentativa ambiciosa de incorporar as ciências da “natureza” e “humanas”, numa teoria única, buscando a “totalidade urbana”.

Como processo, o planejamento nessa visão se define em etapas: análises, objetivos, diagnósticos, alternativas, avaliação/seleção e implementação. Portanto a dinâmica requer um processo cíclico, pré-estabelecido e muito bem controlado na sua “lógica interna”. A cidade é considerada como um “sistema” onde seu crescimento e funcionamento dependem de

processos de tomadas de decisão, visando otimizar fluxo e atividades no espaço urbano (SAMPAIO, 1999).

O conceito de modelo é questão-chave para o entendimento dos Sistemas de Informações Geográficas dentro de um enfoque sistêmico, pois como afirma Echenique (apud SAMPAIO, 1999) um modelo é uma representação de uma realidade, onde esta se faz através da expressão de certas características relevantes da realidade observada e onde a realidade consiste nos objetos ou sistemas que existem, tenham existido ou possa existir.

Segundo Bailly (1978), o modelo é um filtro através do qual se vê o mundo. O autor defende que a construção de modelos na Geografia Urbana surgiu de uma necessidade de compreensão profunda do fenômeno urbano, e só pode ser satisfeita pela interpretação teórica. Apesar de Bailly exagerar quando afirma que para explicar os complexos fenômenos urbanos a linguagem matemática aparece como indispensável, é interessante notar como esquemas lógicos e matemáticos podem ajudar no entendimento do espaço urbano.

A observação e apreensão do mundo real necessitam de uma representação conceitual que lhe dê sentido, e esta representação deve ser entendida como um modelo, uma versão simplificada da realidade (RODRIGUES, 1987 apud PEREIRA, 1999).

Sampaio (1999) lembra que a seleção dos dados a observar e projetar depende do observador e dos meios escolhidos para representar as características da realidade. Ele faz uma crítica a esse enfoque afirmando que depende “de outros corpos teóricos para ler a cidade, não sendo a rigor um método, mas talvez um procedimento técnico, operacional, de dados e informações” (p.373).

A decepção com os resultados práticos da tentativa de uso de tecnologias computacionais para estudos urbanísticos nas décadas de 1970/80 (CONDER.PLANAVE,1978 e OCEPLAN.PLANDURB,1978 apud SAMPAIO,1999) face à quantidade de recursos e tempo gastos endossa a crítica de Sampaio, que continua afirmando que “as posturas ideológicas e as limitações próprias da tomada de decisões sugerem que a maioria dos modelos não permite um nível amplo de participação dos cidadãos no processo, nem abriga os aspectos qualitativos da forma-urbana. O nível de abstração não dá conta do espaço concreto na cidade-real, e ... a

intuição no processo de construção dos modelos parece algo descartado ou descartável” (p. 373-374).

Porém cabe expor que embora exista a tentação de se projetar sobre o mundo um esquema que abarque o conjunto de variáveis que explique todos os fenômenos, as tecnologias de Geoprocessamento devem ser entendidas como instrumentos de entendimento e intervenção da cidade, ou seja, elas não são um fim em si, são um meio para se chegar a um propósito, de analisar ou projetar sobre o espaço urbano.

Quando se trabalha um modelo dentro desses sistemas é verdade que se lança um olhar sobre a realidade e que a escolha dos aspectos relevantes para construção do modelo tem por trás sempre o viés do observador, mas não se pode pretender que todos os aspectos da realidade urbana sejam contemplados na elaboração de um modelo espacial.

De qualquer modo os passos principais para a confecção de um modelo são:

- Identificação dos objetivos a que se pretende chegar com a construção do modelo, ou seja, que questões deve responder o modelo;
- Identificação das variáveis que deverão integrar-se ao modelo – quais feições espaciais serão incorporadas a ele;
- Análise das técnicas disponíveis com relação aos objetivos do modelo. A eleição das tecnologias a serem utilizadas deve responder a problemas de representação e de processamento do dado geográfico para produzir a informação desejada.

3.4 Base de Dados Digitais Espaciais Urbanos

Como visto no Capítulo 2, um aspecto fundamental no desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas Urbano é a composição de uma Base de Dados Digitais Espaciais Urbanos - BDDE, que é composta dos arquivos digitais oriundos da transformação de mapas ou outros arquivos digitais, construídos segundo “restrições referentes à estrutura de dados, modelagem do mundo real e georreferenciamento” (PEREIRA, 1999, p.68-69).

O termo “dado espacial” é conferido a qualquer tipo de dado que descreve fenômenos aos quais esteja associado alguma dimensão ou característica espacial. Os dados utilizados em SIGs

pertencem a uma classe particular de dados espaciais: os georreferenciados ou geográficos – são aqueles que descrevem fatos, objetos e fenômenos do globo terrestre, associados à sua localização sobre a superfície terrestre, num certo instante ou período de tempo.

A qualidade na formação da BDDE garante que os dados e as informações no SIG sejam sempre adequados para serem usados pelos planejadores, pesquisadores e técnicos que trabalham com a temática urbana.

A elaboração dessa base requer alguns cuidados como favorecer clareza e transparência na forma como os dados estão armazenados (mídia e formato) e com que propósitos esses conjuntos de dados foram constituídos. Esses aspectos são essenciais para que outros usuários tenham acesso a essa base de modo adequado, verificando inclusive que possibilidades ela oferece para o desenvolvimento de seu trabalho. Uma base de dados deve ser uma coleção de um ou mais conjuntos de dados, armazenados de maneira estruturada, de modo tal que possa ser utilizada para fins de recuperação e manipulação de dados.

Os dados georreferenciados possuem características não-espaciais, descrevendo o fenômeno estudado, tais como o nome e o tipo da variável; e características espaciais, informando a localização espacial do fenômeno, ou seja, seu georreferenciamento, associada a propriedades geométricas e topológicas.

A seguir as classes de dados, que compõem uma base gráfica, utilizados em SIG e suas representações computacionais:

- a) Mapas temáticos – descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa e quantitativa. Estes dados, obtidos a partir de levantamento de campo, são inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens; admitem tanto a representação vetorial - estrutura digital de dados, onde a informação gráfica é representada por pontos, linhas ou regiões, quanto a matricial - estrutura digital de dados, onde a informação gráfica é representada por uma matriz de pontos distribuídos em um sistema cartesiano de linhas e colunas. No formato vetorial elas mostram uma região geográfica particionada em polígonos, segundo os valores relativos a um tema. No caso matricial, a área correspondente ao mapa é dividida em células de tamanho fixo. Cada célula terá um valor correspondente ao tema mais freqüente naquela localização

espacial. Em mapas temáticos, os polígonos apresentados são resultados de funções de análise e classificação de dados e não correspondem a elementos identificáveis do mundo real.

- b) Mapas cadastrais – cada um dos seus elementos é um “objeto geográfico”, que possui atributos (informação sobre o proprietário, valor venal, IPTU, etc.) e entidades topologicamente analisáveis, permitindo que as relações entre objetos cadastrais sejam facilmente definidas. Sua parte gráfica é armazenada topologicamente em forma de coordenadas vetoriais, e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados. O cadastro técnico pode ser definido como o conjunto de dados e descrições de superfícies, situação, limites, qualidades e valores que a propriedade territorial possui. A parcela cadastral, ou o lote é a unidade básica para a organização da informação no sistema.
- c) Redes – se referem às informações associadas a serviços de utilidade pública (água, energia elétrica, telefone, etc.), redes de drenagem (bacias hidrográficas), rodovias, entre outros. No caso de redes, cada objeto geográfico (cabo telefônico, transformador de rede elétrica, cano de água, etc.) possui uma “localização geográfica exata” e está sempre associado a atributos descritivos presentes no banco de dados. As informações gráficas de redes são armazenadas topologicamente em coordenadas vetoriais, e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados.
- d) Modelos Numéricos de Terreno (MNT) – esse termo é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de um conjunto de pontos (x,y) , com atributos em “z”, que descrevem a variação contínua da superfície. Podem ser armazenados em grades regulares (representação matricial), grades triangulares (representação vetorial com topologia) ou isolinhas (representação vetorial sem topologia). Podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como propriedades do solo ou subsolo.
- e) Imagens – são obtidas por satélites ou fotografias aéreas e armazenados como matrizes. Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem, sendo necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizá-los. Tradicionalmente, muitos SIGs utilizam mapas como a forma básica para a construção dos bancos de dados geográficos e tratam imagens obtidas por sensoriamento remoto apenas como uma forma de captura indireta de informação espacial a ser incorporada a tais mapas. Porém, com o

desenvolvimento das áreas de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens, voltadas a técnicas para armazenamento, recuperação e apresentação de imagens, estas passaram a ser utilizadas em conjunto, ou até mesmo em substituição a mapas, como é o caso das ortofotos – que são fotos aéreas nas quais foram retificados os deslocamentos de imagem devidos á inclinação da aeronave e ao relevo e a planimetria é representada pela própria imagem da foto, sobre a qual é desenhada a informação altimétrica.

Para a construção de um SIG as etapas que devem ser percorridas em relação a BDDE são:

- A) Definição de um modelo conceitual das relações entre os diferentes conjuntos de dados – deve-se selecionar que dados e informações vão formar a base de dados, ou seja, quais entidades/objetos do mundo real serão representados, o que pressupõe um determinado olhar sobre a realidade e a definição de um modelo, a partir de objetivos pré-determinados;
- B) Definição da forma de representação destas entidades na base, qual os seus relacionamentos espaciais e que projeção cartográfica será adotada;
- C) Documentação de como a base de dados foi montada, quais os procedimentos de coleta e formatos usados, para que favoreça o uso da base por outros usuários e o relacionamento com outras bases.

A definição da tecnologia a ser utilizada é feita posteriormente, pois a escolha de *hardware* e de *software* não deve interferir na modelagem conceitual de dados, deve estar à disposição da coleta, armazenamento e processamento desses dados.

Pereira (1999) lembra que no caso de um SIG urbano é importante definir se o sistema projetado é voltado para planejamento ou gestão, ou para ambos. Um SIG que responda a demandas de planejamento deve possibilitar o estabelecimento de previsões e simulações de realidades projetadas num tempo futuro. Já um SIG voltado para demandas de gestão tem como premissa monitorar e controlar a realidade urbana atual, para fornecer subsídios a atividades como tributação ou controle de uso do solo urbano. O mesmo sistema pode dar suporte a estas duas atividades, possibilitando controle e monitoração da realidade presente e modelagem da realidade futura, embora a natureza das informações e o grau de precisão necessário na representação da realidade urbana em cada caso seja diferente.

3.5 Aplicações urbanas

Segundo Pereira (1999) as primeiras aplicações urbanas em sistemas informatizados surgiram no Brasil na década de 1970, porém não progrediram por problemas técnicos, econômicos e culturais – as soluções eram centralizadoras por concepção (as aplicações tinham que desenvolver todas as funções necessárias, desde plotagens até funções primitivas) e eram baseadas em tecnologias muito caras e inadequadas para aplicações a que se destinavam. As dificuldades de então desestimularam o surgimento de novos projetos, destacando-se como exceção, o desenvolvimento pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE de software SIG e de processamento digital de imagens.

Somente no final da década de 1980, início dos anos 1990, volta-se a registrar novos projetos de sistemas SIG urbanos, com o crescimento estimulado pelo surgimento no mercado de software SIGs, hardware adequado para as aplicações e preços razoáveis. Outro fator de estímulo foi o registro de experiências bem sucedidas de implantação de projetos na Europa, Estados Unidos e Canadá. Nessa época iniciaram-se em Belo Horizonte e Curitiba projetos voltados para fins urbanos, que tiveram como dificuldade inicial a construção de uma base cartográfica digital (PEREIRA,1999 e CARVALHO I.,1996)

É nos anos 1990 que a implantação de SIGs em atividades de gestão e Planejamento Urbano cresce, como se pode perceber pela quantidade de trabalhos relatando experiências que vêm sendo apresentados em simpósios e seminários em nível nacional (Anais dos Simpósios de Geoprocessamento promovidos pela USP – Departamento de Transportes/Politécnica em 90, 93, 95, e 97, ou as publicações GIS Brasil 94, GIS Brasil 96, GIS Brasil 97, GIS Brasil 98, GIS Brasil 99 e GIS Brasil 2000). Foi quando o Geoprocessamento começou a ser verdadeiramente difundido e valorizado como um instrumento fundamental para o planejamento e gerenciamento urbanos no Brasil, assumindo destaque nas estratégias de desenvolvimento de organizações tanto públicas como privadas (TEIXEIRA,2001).

Segundo Teixeira (2001) o estágio em que se encontra o desenvolvimento dessas tecnologias nas grandes cidades brasileiras é de superação de uma fase inicial de dificuldades referentes à aquisição de recursos computacionais, capacitação de pessoal e constituição de uma base digital de dados adequada aos Sistemas de Informações Geográficas, e de um investimento em aplicativos e no desenvolvimento de metodologias de análise orientadas a aspectos variados da

problemática urbana. Os centros acadêmicos estão na frente desse processo, com destaque para a adaptação de metodologias tradicionais de análise espacial às novas possibilidades oferecidas por essas tecnologias.

Em Salvador, o processo de implantação de Geoprocessamento em aplicações urbanas foi de certa forma, introduzido pela CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia, no início da década de 1990. A CONDER é atualmente a produtora e detentora do acervo cartográfico sobre a Região Metropolitana de Salvador – RMS e repassa estes dados aos municípios contidos na Região Metropolitana, inclusive Salvador. A partir de 1998 a CONDER passou a gerenciar as bases cartográficas de 30 municípios do estado produzidas dentro do Programa Bases Cartográficas Municipais PRODUR/CAR (REBATE, 2001).

Ainda que a dimensão do Estado da Bahia justifique o investimento em tecnologias de informação espacial para gestão e planejamento territorial, a capacitação estadual nestas tecnologias ainda é muito incipiente, contrariando um pouco o quadro nacional, particularmente nas Regiões Sul e Sudeste.

A partir de pesquisa realizada pela REBATE – Rede Baiana de Tecnologias em Informação Espacial (PEREIRA, ROCHA e CARVALHO/2002) sobre a experiência com projetos de Geoprocessamento iniciados na década de 1990, verificou-se que as dificuldades de consolidação desses projetos são provenientes de carência de conhecimento nessa área de atuação, de pessoal capacitado, e de dados digitais espaciais, além da falta de metodologias de planejamento e gestão territorial com ênfase no uso desses sistemas. Observou-se também que a tecnologia hoje não é um obstáculo para a adoção de Geoprocessamento pelas organizações estaduais, pois as empresas são servidas razoavelmente de plataforma de *hardware* e *software* nessa área.

A pesquisa da REBATE teve como objetivo produzir um diagnóstico do grau de capacitação do Estado no uso de tecnologias de informação espacial. A investigação considerou aspectos relativos à formação de pessoal, capacitação de equipes, parque instalado de hardware e software, políticas relativas ao uso e manutenção de bases de dados espaciais das instituições estaduais (Conferir também REBATE/2001 e CARVALHO/2002).

Além da CONDER, duas outras empresas se apresentam como instituições provedoras de dados no estado: o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e a SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia que têm como objetivo institucional a produção e divulgação de dados e informações geográficas. Além dessas empresas, apesar de não se apresentar formalmente como distribuidora de dados geográficos, destaca-se a CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral que possui uma política explícita de produção e disseminação de dados (PEREIRA, ROCHA E CARVALHO, 2002).

A falta de dados digitais espaciais obriga as organizações que seriam usuárias de tecnologias de Geoprocessamento a assumirem um papel de produtoras de dados geográficos, como, por exemplo, o DERBA – Departamento de Infra-Estrutura e Transportes, a DDF/SEAGRI – Diretoria de Desenvolvimento Florestal/Secretaria de Agricultura, a SRH – Superintendência de Recursos Hídricos e empresas de redes de infra-estrutura como a COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia e a EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento - que apesar de receberem a base cartográfica SICAR/CONDER (1991) através de convênio firmado entre a CONDER e as empresas, precisam sempre investir em atualizações e manutenção da base (PEREIRA, ROCHA e CARVALHO,2002 e REBATE 2001).

Não se tem no Brasil, e principalmente na Bahia, uma cultura de manutenção e atualização de dados, quer cartográficos, quer cadastrais, o que se constitui como problema inicial para a formação das bases cartográficas digitais. Segundo Pereira et al. (2002, p.28) “caberia ao Estado estabelecer condições mais propícias à difusão do uso das geotecnologias entre instituições privadas e governamentais, através da organização de uma Infra-Estrutura de Dados Espaciais (IDE) capaz de garantir a difusão e o acesso a essa informação”. A IDE refere-se ao conjunto de tecnologias, políticas e pessoal necessário à promoção do compartilhamento de dados geográficos entre todos os níveis de governo, setor privado, terceiro e a comunidade acadêmica (www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.htm apud PEREIRA et al.,2002).

No caso de Salvador a inadequação das bases digitais existentes foi causada por uma especificação inadequada da cartografia digital que antecedeu a especificação dos sistemas de Geoprocessamento, tornando necessário um longo trabalho posterior de adequação da base (PEREIRA, 1999).

Na Prefeitura Municipal de Salvador a implantação de SIG começou em 1995, a partir da cessão da Base Cartográfica Digital de Salvador, pela CONDER, através de um convênio estabelecido entre os dois órgãos. Porém essa base precisou de conversão e edição em diversos aspectos para se tornar adequada para a utilização em um SIG.

Atualmente a prefeitura é marcada por uma implantação incremental, com o surgimento de projetos e aplicações em diversos órgãos municipais, tais como, áreas verdes, transportes, dissociados de um modelo comum. A coordenação desse processo se divide entre a SEPLAM - Secretaria Municipal do Planejamento, Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, órgão de planejamento e a PRODASAL - Companhia de Processamento de Dados de Salvador, empresa de informática municipal (Conferir pesquisa realizada pela REBATE no ano de 2000 em REBATE, 2001).

O quadro atual do uso de Geoprocessamento em Salvador se caracteriza pela existência de dois atores principais – CONDER e PMS – que têm em seus sistemas duas bases de dados diferenciadas, ainda que ambas de mesma origem e sofrendo diferentes processos de conversão; nenhuma destas bases é disponível para uso público nem existem políticas públicas de disseminação de informações. A responsabilidade pela atualização não é definida, e a administração municipal tem dificuldades de capacitação, não possui um projeto conceitual que permita traçar metas estratégicas, e existe um desconhecimento das possibilidades que o Geoprocessamento permite por parte dos usuários/planejadores em termos de planejamento espacial. Por outro lado, a empresa metropolitana que fez imensos investimentos em aquisição de equipamentos, construção de bases de dados digitais e, em menor escala, em capacitação de equipes técnicas, tem como objetivo central a produção e manutenção de dados (PEREIRA 1999).

Nesse contexto os usuários “não governamentais” (escritórios de planejamento, pesquisadores acadêmicos, empresas, etc.) só podem operar sistemas de Geoprocessamento após produzirem sua própria base de dados, o que demanda tempo e custo. Por isso acredita-se que a Universidade deva desempenhar o papel de capacitar pessoal disseminando conhecimento e tecnologia e criar condições para o desenvolvimento de projetos para o entendimento da cidade.

Um exemplo do uso de tecnologias de Geoprocessamento na Prefeitura Municipal de Salvador é a aplicação dessas à Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo - LOUOS, e legislação

complementar, importantes instrumentos da política urbana local que norteiam a análise e o licenciamento de empreendimentos e atividades no Município, por parte da Secretaria Municipal de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente e da Fundação Mário Leal Ferreira (a arquiteta Ana Lúcia Aragão relata a experiência da FMLF na internet: www.mundogeo.com.br, Jan. de 2002).

A LOUOS (Lei nº 3.377/84) foi institucionalizada em 1984, culminando um processo de planejamento iniciado no final dos anos setenta e concluído apenas na metade da década seguinte. Trata-se de um instrumento complexo, que reuniu em um único conjunto de normas toda a orientação quanto à distribuição e implantação de empreendimentos e atividades no território de Salvador, inclusive relacionando e codificando, exaustivamente, todas as ocorrências para efeito de enquadramento e análise das solicitações. Este importante instrumento, contudo, sempre foi considerado de difícil operacionalização, em razão da necessidade de cruzamento de uma grande quantidade de tabelas e mapas até uma conclusão do analista sobre a possibilidade de um determinado uso ocorrer em um determinado local.

Reunir numa mesma base todo esse manancial de informações e torná-las rápida e facilmente disponíveis e acessíveis aos técnicos da Administração Municipal e aos usuários externos, constituiu um desafio que só através do convênio firmado com a CONDER, que disponibilizou a base cartográfica digital à Prefeitura, pôde ser enfrentado, tornando possível a implantação do Geoprocessamento e o desenvolvimento de aplicativos para o Planejamento Urbano.

O principal objetivo do aplicativo da LOUOS foi o de oferecer aos técnicos da Administração Municipal e ao usuário externo a possibilidade de consulta de todas as incidências de legislação urbanística, sem possibilitar a edição das bases. A conversão dos mapas analógicos e digitais resultou na visualização e consulta de toda a legislação urbanística existente no município, com escala de visualização máxima de 1:1.000, através de um aplicativo de multimídia (SEPLAN/FMLF, CD Rom LOUOS, 2000).

A partir do momento em que a informação é amplamente disponibilizada, é possível uma maior eficiência na execução dos serviços e disseminar e nivelar o conhecimento entre os técnicos.

Também na Prefeitura de Salvador encontramos a experiência da SUCOM - Superintendência de Controle e Ordenamento do Uso do Solo do Município, que tendo recebido da SEPLAN a

Base Cartográfica de Salvador convertida para o *software* MapInfo, providenciou a instalação, manutenção e treinamento do programa nos diversos setores da empresa que utilizam a base gráfica. Entre outras aplicações desenvolvidas em MapInfo, disponibilizou para o público um serviço de fornecimento de mapas de localização para empreendimentos e viabilidade de comércio e os respectivos alvarás a requerentes externos através de computadores dispostos na Central de Atendimento.

Outro exemplo do uso de tecnologias de Geoprocessamento em Planejamento Urbano em Salvador foi a implementação de um Atlas Digital, produzido no âmbito do LCAD/FAUFBA, sob a autoria de Prof. Gilberto Corso Pereira (PEREIRA, Atlas Digital de Salvador, CD ROM, 2000), usando cartografia interativa, animações, imagens de sensoriamento remoto, fotografias, modelo digital do terreno e textos, permitindo ao usuário do programa construir visualizações cartográficas conforme sua demanda específica e possibilitando o entendimento do espaço intra-urbano da cidade de Salvador.

A interface da aplicação baseia-se na idéia de uma janela de visualização na qual o usuário integra as informações que lhe interessam pela seleção de temas a serem visualizados. A forma de visualização destes temas pode ser diferenciada conforme o interesse do usuário e a forma de apresentação de cada tema. Assim os temas são planos de informação que podem ser sobrepostos e gerar nova informação a partir deste cruzamento. A visualização é possível ainda em diferentes escalas.

O Quadro 2, a seguir, mostra uma síntese das aplicações conhecidas e desenvolvidas em Salvador com tecnologias computacionais e tendo como referência bases digitais geográficas. Esse fato sinaliza o crescimento de importância dada a essas tecnologias em atividades relacionadas ao planejamento urbano e desenvolvimento de projetos.

Quadro 2 – Síntese do uso de Geoprocessamento em aplicações urbanas

Aplicações	Instituição	Conteúdo/Objetivos
INFORMS Sistema de Informações Geográficas da RMS	CONDER	O Sistema foi concebido para constituir-se em uma base de dados de uso comum por todos os agentes que atuam na RMS e nos principais municípios da BAHIA, de modo a eliminar a custosa multiplicidade de esforços para obtenção e processamento de informações que subsidiem as atividades públicas e privadas.
CD ROM LOUOS	SEPLAM/FMLF	<i>Software</i> que incorpora toda a legislação urbanística municipal, proporcionando um meio eficaz e interativo de consulta, oferecendo as informações necessárias para elaboração ou análise de um projeto.
SUCOM Setor de atendimento	SUCOM	Fornecimento de mapas de localização para empreendimentos e viabilidade de comércio e os respectivos alvarás.
Atlas Digital de Salvador	LCAD/UFBA	O objetivo da aplicação, que é interativa e distribuída em CD-ROM, é oferecer a arquitetos, planejadores, geógrafos e cidadãos de Salvador uma forma de visualizar informações urbanas de forma simples e imediata, sem necessidade de treinamento específico nem de conhecimentos em SIGs. No Atlas o usuário pode selecionar temas variados, analisar o cruzamento entre os mesmos, escolher a escala mais adequada, visualizando a cidade, o bairro ou a rua.

Elaboração: Silvana Carvalho – 2002

Fonte: REBATE (2001), PEREIRA (2000), SEPLAM e FMLF (2000)

Esse trabalho se propõe a fazer mais uma aplicação do uso das tecnologias de Geoprocessamento em processos de entendimento da realidade urbana. Diante da problemática de áreas livres para crescimento urbano de Salvador, do acesso a uma base digital sobre Salvador e a tecnologias disponíveis, verificou-se a possibilidade de desenvolver uma coletânea de mapas, através do desenvolvimento de uma metodologia e do uso de várias tecnologias integradas que, como veremos a seguir, mostra o quanto ganha o planejador urbano quando pode usar esses instrumentos.

4. O uso de Geoprocessamento para identificação e qualificação de áreas livres para ocupação urbana em Salvador

4.1 Um estudo de caso: Áreas Livres de Salvador

Salvador, uma das principais capitais do Brasil, é fruto de um dinâmico processo urbano, que teve início no século XVI, quando foi fundada para ser a primeira capital do Brasil. Resulta, atualmente, em uma cidade complexa com muitos problemas sócio-econômicos, ambientais e físicos. Nesse contexto, existem previsões que dentro dos próximos anos dificilmente haverá condições estruturais e espaciais na cidade para um crescimento urbano adequado.

Fazer uma leitura de Salvador hoje, como de qualquer outra cidade contemporânea, significa dar-se conta de uma complexidade de fatores que compõe o urbano. Acredita-se que as tecnologias de Geoprocessamento podem ser um instrumento de grande relevância para o Planejamento Urbano, e particularmente auxiliar a tomada de decisões de intervenção física.

Inúmeros trabalhos foram escritos sobre o desenvolvimento urbano de Salvador, com objetivo de entender mais essa cidade tão particular. Com o advento do Geoprocessamento, pode-se contar hoje com instrumentos de leitura do espaço urbano, que oferecem suporte às atividades de estudo e tomada de decisão sobre a cidade, realizando de maneira mais precisa e mais veloz, análises sobre o espaço urbano.

Esse trabalho propõe-se, através do instrumental tecnológico, a identificar e mapear as áreas, ainda disponíveis na cidade, para uma posterior ocupação edilícia nos próximos anos, ou seja, adequadas para o crescimento urbano futuro de Salvador. Considerou-se como objeto de estudo a área continental do município de Salvador.

Silva (1996) aponta que a dinâmica do processo de expansão espacial de Salvador é tão grande que é possível prever-se para breve o seu próprio fim. Com a continuidade da rápida periferização pela qual passa a cidade, ao lado da ocupação dos últimos espaços livres nas demais partes do município, não haveria, nos próximos anos, mais terras possíveis de serem ocupadas pelas atividades urbanas o que teria grandes repercussões na vida da cidade e de sua região de influência.

Segundo Brito (1997) a cidade de Salvador em seu processo recente de metropolização vem consumindo nos últimos anos, em grande escala e de forma desordenada, seus estoques de terrenos livres, resultando por comprometer sobremaneira a oferta de terrenos para habitação e outros usos, inclusive com o respectivo encarecimento do solo urbano; concomitantemente com isso funde-se a aceleração da deteriorização funcional da cidade e a degradação do meio ambiente urbano. O processo de crescimento rápido da cidade de Salvador nas últimas décadas, pela maneira como se deu, foi responsável por elaborar uma configuração espacial complexa e extremamente segmentada.

Brito (1997) ainda afirma que se durante o longo período que precedeu o limiar da década de 1970 a cidade de Salvador encontrava-se espacialmente “presa” ao seu núcleo tradicional, com o advento do processo de metropolização a capital baiana ganhou impulso e deu continuidade ao seu curso evolutivo, “aleatório” e muito rapidamente, consumindo indiscriminadamente os estoques de terrenos disponíveis, comprometendo a continuidade de existência dos recursos naturais ainda existentes no município, como as águas superficiais e áreas de preservação ambiental.

Dentre as limitações ao crescimento da cidade, pode-se citar:

- O sítio urbano – além de vasta hidrografia e áreas de vegetação a serem preservadas, a topografia com numerosas encostas com declividade superior a 30% formam um limite concreto à expansão urbana;
- A situação geográfica – Salvador é uma “grande península” cercada por todos os lados, à direita é envolvida pelo Oceano Atlântico, à esquerda pela Baía de Todos os Santos e ao norte por um complexo industrial.

Ainda segundo Silva (1996), a expansão mais espetacular tem-se dado no Miolo de Salvador, área geograficamente central, que até a década de 1960 era quase um vazio demográfico. Quando a expansão urbana começa a se acelerar, essa área central destaca-se pela sua localização estratégica, de caráter nuclear com relação à mancha urbana e pelo fato de ser o único grande setor da cidade com enormes áreas disponíveis para novos assentamentos. A população do Miolo pelo Censo de 1991 é de cerca de 50% do total da cidade, quando em 1970 era de apenas 7,5%. O Miolo de Salvador apresenta, além da disponibilidade de terras, o acesso, ainda que precário, à infra-estrutura urbana: serviços de água, luz, telefonia, transporte e equipamentos.

A perspectiva de Silva (1996) é de que, mantendo-se esse ritmo de crescimento da cidade do Salvador (embora menor do que na década de 1970), prevê-se que, dentro de 10 a 15 anos, o problema da disponibilidade de novas áreas para expansão urbana será crítico e em 20 a 25 anos será praticamente impossível dispor de espaços livres. É importante considerar nessa projeção que é bem provável que as taxas de crescimento de Salvador decresçam nesta década, como resultado de tendências observadas atualmente.

Por isso se faz necessário a utilização de recursos precisos na identificação de áreas livres para edificação de prédios destinados tanto para habitação como para outras atividades urbanas. Nesse sentido, para subsidiar essa tarefa o uso do Geoprocessamento pode ser vantajoso pela sua capacidade de organizar, tratar, analisar e mostrar dados geográficos, além das novas possibilidades de simulação sobre fenômenos urbanos.

Através das tecnologias de Geoprocessamento pode-se encontrar formas de evitar um crescimento desordenado ou especulativo, quando a carência de terras livres se tornar crítica, através da indicação de áreas disponíveis para ocupação possibilitando um crescimento induzido e planejado nessas.

4.2 Modelagem espacial

A modelagem espacial é a etapa dentro da construção de um SIG, onde são definidos os processos de entrada de dados, processamento de dados e visualização da informação, que são inerentes ao desenvolvimento de qualquer Sistema de Informação Geográficas.

O modelo de dados para Identificação de Áreas Livres para Ocupação Urbana no Município de Salvador partiu dos seguintes pressupostos:

- . Identificação das variáveis importantes a se considerar no enfrentamento do problema proposto;
- . Avaliação das tecnologias de Geoprocessamento e respectivos processos de análise espacial disponíveis para esse fim;
- . Avaliação da disponibilidade de bases cartográficas e de dados necessários.

A modelagem espacial, mostrada na Figura 5, foi construída a partir dos pressupostos citados e foi a matriz da confecção de cartografia referente à Identificação de Áreas Livres para Ocupação Urbana no Município de Salvador:

Figura 5 – Modelagem Espacial
Áreas livres para a ocupação urbana do município de Salvador

A última restituição aero-fotogramétrica para levantamento cadastral de Salvador foi realizada em 1991, pelo SICAR/CONDER (Sistema de Cartografia da RMS) e está defasada em mais de dez anos. Em 1998 a CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano da Bahia contratou um serviço de levantamento aero-fotogramétrico da cidade oferecendo ao usuário cerca de 368 fotografias aéreas que cobrem toda a cidade de Salvador e suas ilhas. Esse levantamento fotográfico é o que se possui de mais atualizado em dado espacial sobre a cidade; ele é disponibilizado em formato digital e não georreferenciado pela CONDER.

As fotografias aéreas, não podem ser consideradas como mapas. Como toda fotografia ela é uma perspectiva e não permite que se faça medidas com precisão. Segundo Souza (1998) este é o problema básico da fotogrametria – passar os dados da fotografia (projeção cônica) para o mapa (projeção ortogonal). Existe um deslocamento das imagens determinado por alguns parâmetros relacionados à elevação da terra (ou das edificações), e ao uso da câmara aérea (distância focal e inclinação). Como não foi realizada uma restituição aerofotogramétrica das fotos de 1998, o que atualizaria a base SICAR/CONDER de 1991, foi necessário buscar outras formas de se trabalhar com atualização cadastral a partir desse levantamento aéreo mais recente.

Souza (1998) pesquisando soluções alternativas e a menores custos para a elaboração e manutenção de plantas cadastrais urbanas, que é um dos principais problemas enfrentados no planejamento e administração de cidades, desenvolveu um trabalho experimental que se constituiu da elaboração de uma planta cadastral de uma pequena porção territorial da cidade de Feira de Santana-BA, a partir de fotografias aéreas com níveis de erro aceitáveis, eliminando-se a etapa de restituição fotogramétrica, de alto custo para os órgãos de planejamento. Ele

procurou estudar a questão da qualidade das medidas para representação de limites de propriedades urbanas diretamente a partir de fotografias aéreas verticais, aliada à possibilidade de obtenção das informações através da vetorização em tela diretamente da fotografia aérea.

Nesse trabalho a comparação das medidas de campo com as medidas na fotografia “ajustada” mostraram que os erros relativos cometidos são aceitáveis para muitos dos vários usos que se pode fazer de uma planta de cadastro imobiliário. Na avaliação de áreas ou identificação de feições de lotes ou edificações, por exemplo, onde a posição relativa entre os pontos definidores dos limites é o dado que mais interessa, apresentaram erros absolutos pouco significativos para as dimensões usuais desses elementos – 0,2 a 0,8m para um foto aérea na escala de 1/8.000 (dentro dos padrões do IBGE). Também a vetorização em tela dos limites de edificações se mostrou bastante eficaz e de fácil execução, confirmando o que havíamos dito anteriormente. O método, talvez, teve como única limitação a qualidade da fotogrametria e a resolução conseguida no processo de conversão para a forma digital, que não permitiu uma ampliação significativa da imagem, o que possibilitaria uma melhoria de precisão na vetorização sem comprometer a identificação das feições de interesse.

Souza conclui afirmando que o levantamento de medidas precisas diretamente da fotografia é seriamente comprometido por vários fatores. Porém para algumas condições e finalidades, a possibilidade de executar cadastro imobiliário urbano com os níveis de erro apresentados pode ser uma alternativa bastante interessante. Considerando a quase total inexistência de informações georreferenciadas na grande maioria dos municípios brasileiros e os altos custos dos levantamentos de campo, parece que a fotografia aérea vertical deve ser mais utilizada como fonte de informações cadastrais. Ela apresenta um conjunto muito grande de informações que podem ser transformadas para a representação digital através da vetorização em tela.

A partir do trabalho desenvolvido por Souza (1998) conclui-se que, quando necessário, é possível atualizar uma base geográfica a partir de um levantamento aero-fotogramétrico, desde que sejam considerados alguns fatores, como escala de vôo e plano de vôo com distanciamento entre as fotos definindo sobreposições entre elas, e este foi o enfoque que embasou o desenvolvimento deste trabalho.

A partir de uma base de referência da cidade de Salvador de 1991 (fonte: Base CONDER/SICAR, 1991), contendo limite municipal, sistema viário, edificações, hidrografia e

vegetação, foi georreferenciado esse levantamento aéreo-fotográfico da cidade de 1998 (fonte: CONDER, 1998).

Das fotos georreferenciadas foi montado um mosaico de fotos que compõe uma única imagem com toda a cidade de Salvador, sobre a qual foram vetorizadas as áreas livres identificadas na imagem. Entende-se por área livre toda área não ocupada por edificação ou estrutura urbana.

A partir disso foram escolhidas algumas restrições físicas para ocupação edilícia que foram cruzadas com os dados de áreas livres. Brito (1997) coloca alguns fatores restritivos espaciais à ocupação dos terrenos remanescentes de Salvador:

“Muitos desses terrenos permanecem livres por estarem situados em áreas de forte declividade, superior a 30°, dificultando, se não impedindo a ocupação dos mesmos, fato que legalmente é impeditivo ao parcelamento para fins de ocupação, sem os custosos investimentos para estabilização do relevo. ... Por outro lado, têm-se as pequenas áreas livres dispersas na cidade, constituindo-se em terrenos públicos, destinados a usos institucionais...” (p. 87-88).

Do mapa de áreas livres foram excluídas as feições de áreas com declividades acima de 30%; de grandes áreas institucionais; e das lâminas, espelhos d'água, e áreas alagadiças que cortam a cidade, ou seja, os fatores que impediriam ou restringiriam a possibilidade de construção de edificações. Essas feições restritivas foram coletadas e trabalhadas a partir de outras bases de dados sobre Salvador, como pode ser visto no próximo tópico.

Os terrenos com declividade acima de 30%, segundo Mascaró (1994), “são terrenos inadequados para construções e precisam de obras espaciais para sua estabilização” (p.54), por isso definem áreas que precisam ser excluídas das áreas livres encontradas.

Desse processo de exclusão resultou um mapa de áreas disponíveis para edificação na cidade de Salvador, que poderá ser cruzado com outras bases de dados geográficas, a partir da ponderação de algumas variáveis usando processos de modelagem cartográfica ou simples análises espaciais. Os outros dados podem referir-se a legislação urbana, questões ambientais, tipos de solo, acessibilidade, valor da terra, e aspectos sócio-econômicos.

4.3 Base de dados: levantamento e conversão de dados

A organização dos dados urbanos em bases digitais possibilita o seu uso por parte de planejadores e urbanistas com mais eficácia, por isso, a formação de uma Base de Dados Digitais Espaciais – BDDE - é um aspecto fundamental quando se trata de tecnologias de Geoprocessamento. Na base de dados seleciona-se quais aspectos são relevantes para a descrição do fenômeno urbano em questão.

O desenvolvimento de uma metodologia de entrada e conversão de dados para um SIG garante que os dados gerados possam ser reaproveitados em outros projetos e programas, desde que ela esteja documentada e possa ser repassada para outros usuários. Dessa forma supera-se uma das maiores dificuldades de implantação destes sistemas que é a falta de bases digitais espaciais, e a inadequação destas bases, quando existentes, para utilização em Geoprocessamento.

Outro aspecto importante nesse processo é saber utilizar, de forma integrada, as tecnologias disponíveis de Geoprocessamento. O mercado de *software* vem oferecendo muitas possibilidades nessa área, cabendo ao usuário escolher o programa mais adequado para determinado processo, não esquecendo da necessidade constante de transferência dos dados.

Os processos de entrada e conversão de dados utilizados na identificação de áreas livres de Salvador foram: georreferenciamento de imagens, mosaicagem de imagens, vetorização em tela, e conversão de formatos:

Georreferenciamento de imagens

O georeferenciamento de imagens consiste num referenciamento espacial da imagem ou foto aérea ao espaço geográfico que ela representa por meio de sua localização, utilizando um sistema de coordenadas conhecido. Foram georreferenciadas 368 fotografias aéreas (Fonte: CONDER/1998), correspondentes ao limite de Salvador, através do software Microstation Descartes/Bentley, que é um programa de mapeamento por imagens, visualização e conversão de dados *raster* para dados vetoriais. O processo escolhido foi o de “registro da imagem”, por apresentar melhor precisão nos resultados que outros processos disponíveis e testados no mesmo *software*. No processo de registro, através da escolha de pontos (quantos fossem

necessários) de controle conseguidos na base vetorial de Salvador (Fonte: PEREIRA/2000), é possível chegar a um resultado satisfatório no referenciamento geográfico da imagem.

No registro das imagens foram constatados erros entre 2 a 6 m. Considerando que os mapas foram apresentados na escala de 1/95.000 e o IBGE (2002) considera que o menor comprimento gráfico que se pode representar em um desenho é de 0,2 mm no mapa impresso, sendo este o erro admissível na cartografia, o erro tolerável seria de até 19m e esse dado, então, pode ser considerado satisfatório.

É interessante notar que com os erros acima verificados é possível trabalhar com certa tranqüilidade numa escala de mapa de até 1/10.000, o que é perfeitamente adequado para aplicações de planejamento, pois o erro admissível de 0,2mm equivaleria a 2m. Isso possibilitou uma visualização mais ampla e mais precisa das imagens na tela do computador.

O georreferenciamento da imagem se dá com um ajuste da foto a partir de pontos de referência associados a um sistema de coordenadas que no caso são coletados na base vetorial de quadras de Salvador (fonte: LCAD). Como vemos na figura 06, a foto superior é a original, sob o arquivo vetorial de Salvador e desalinhada com a base cartográfica, e a inferior é a foto georreferenciada, com suas feições coincidindo com a base cartográfica vetorial.

Figura 6 – Georreferenciamento de fotos aéreas

A seguir, na figura 07, pode-se visualizar alguns pontos de registros utilizados entre a foto aérea e a base cartográfica. Para cada ponto de registro são usados dois pontos – um na imagem, outro na base cartográfica.

Figura 7 – Pontos de registro entre a foto aérea e a base cartográfica

Mosaicagem de imagens

Diante da dificuldade de se trabalhar ao mesmo tempo com as 368 fotos georreferenciadas, devido ao grande tamanho que os arquivos digitais contendo as fotos tinham, optou-se por torná-las uma única foto-imagem e evitar as sobreposições existentes, ou seja, criar um mosaico de fotos, que também foi realizado com o software Microstation Decartes - todo levantamento aéreo considera sobreposições sobre a foto no sentido longitudinal acima de 50%, e no sentido transversal acima de 25% em relação à faixa de vôo, para a definição da área útil da foto.

Foi necessário desenhar um retângulo para delimitar a área útil da fotografia, pois as áreas das bordas das fotos estão sujeitas a maiores distorções. A área interna ao retângulo é a que seria utilizada a partir de então - o restante da área da foto seria eliminado com um recorte, como mostra a Figura 08.

Figura 8 – Exclusão de áreas sobrepostas

Depois de recortadas suas áreas úteis, as fotos foram unidas por pares até chegar a uma única foto. A junção das fotos foi feita eliminando ainda as sobreposições, como é mostrado na Figura 09. A opção de juntar as imagens que o programa Decartes oferece é definindo uma faixa de ajuste das imagens, onde é feito o recorte do que sobra delas.

Figura 9 – Mesclagem das imagens

Por fim, na Figura 10, pode-se ver como foi feito um balanceamento de tons de cinza das fotografias para tentar gerar uma imagem mais homogênea, ainda que não se consiga uma imagem totalmente homogênea.

Figura 10 – Balanceamento dos tons cromáticos

O resultado final da mosaicagem pode ser visto na Figura 11 com uma única foto-imagem de Salvador.

Figura 11 – Mosaico de imagens de Salvador

Vetorização em tela

A vetorização de polígonos representando feições de áreas livres de Salvador foi realizada no *software* de mapeamento AutoCAD Map, da Autodesk, onde na foto-mosaico de Salvador, utilizando comandos usados para desenho, foram identificadas e desenhadas as áreas desprovidas de edificação.

A seleção das feições foi feita visualmente pela tela do computador, e tomou-se por critério desenhar feições somente com áreas maiores que 1 hectare – áreas menores que 1ha podem ser confundidas com os loteamentos urbanos ainda desocupados, porém com infra-estrutura pronta para receber ocupação. As regiões com área maior que 1ha representam parcelas do território que podem receber projetos urbanos que definam expansão da mancha urbana ou área edificada.

O trabalho de vetorização em tela assim como a digitalização via mesa digitalizadora é um trabalho repetitivo e que depende muito da habilidade do digitalizador/vetorizador. Porém a vetorização em tela é mais simples, precisando apenas de um conhecimento prévio do software e não requer treinamento especializado e há a possibilidade de se alterar instantaneamente a escala do mapa ou fotografia, permitindo a visualização de detalhes e facilitando o trabalho do operador, torna o processo muito mais versátil que a digitalização convencional.

Assim que identificadas na imagem, previamente inserida na tela, os limites de uma feição, esses foram vetorizados com o uso de polilinhas (comando Pline) – a utilização de polilinha evita o trabalho posterior de agregação de várias entidades (linhas) em uma única (polígono), o que é desejável por vários motivos, entre eles o fato de permitir a utilização da planta cadastral com SIGs que precisa tratar essas feições como regiões.

Para auxiliar na definição dessas feições, foi usada como camada de desenho de referência durante a vetorização uma malha com unidades de 1 hectare (100m x 100m), como se vê na Figura 12:

Figura 12 – Vetorização das áreas livres

Conversão de formatos

É importante ressaltar que alguns dados foram recuperados já no formato digital - Pereira (1999) em sua Tese de Doutorado montou uma BDDE que serviu como suporte para essa pesquisa - o que comprova a vantagem em investir em Bases Digitais de Dados Espaciais. Uma vez o dado digital bem armazenado e documentado, ele pode ser acessado e utilizado por outro usuário, desde que se defina uma metodologia de implementação – em que formato foi armazenado, em que sistema de coordenadas, etc.

No caso, a maior parte dos dados estava disponível no LCAD/FAUFBA e constava da base construída para conclusão do doutorado do Prof. Gilberto Corso Pereira (PEREIRA, 1999), que propunha, entre outros objetivos, “a construção de uma base de dados digitais sobre a cidade de Salvador, constituindo-se numa contribuição cartográfica que possibilita a compreensão de seu espaço intra-urbano”(p. xi).

A seguir apresenta-se o Quadro 3, que mostra para cada tipo de dado usado da modelagem qual a sua fonte, em que mídia e em que formato se encontra, além da escala, do sistema cartográfico e da data de atualização. Isso permite uma visão geral de todos os dados utilizados para gerar os produtos pretendidos:

Quadro 3 – Dados utilizados na modelagem

Tema	Fonte	Mídia	Formato	Escala	Sistema cartográfico	Data de atualização
Foto aérea de Salvador	CONDER	Digital	JPG	1/8000**	-	1998
Limite SSA	LCAD*	Digital	MapInfo	1/12.500	UTM/SAD 69	1991
Edificações	LCAD*	Digital	MapInfo	1/5.000	UTM/SAD 69	1991
Vegetação	LCAD*	Digital	MapInfo	1/12.500	UTM/SAD 69	1991
Hidrografia	LCAD*	Digital	MapInfo	1/12.500	UTM/SAD 69	1991
Quadras	LCAD*	Digital	MapInfo	1/5.000	UTM/SAD 69	1991
Mapa Topográfico de Salvador	LCAD*	Digital	MapInfo	1/12.500	UTM/SAD 69	1991
Legislação	FMLF	Digital	Imagem	1/2000	-	2000
Sistema viário	LCAD*	Digital	MapInfo	1/5.000	UTM/SAD 69	1991
Grandes áreas institucionais	CONDER	Analógico (mapas em papel)	-	-	-	2002

* Base digitalizada a partir das folhas SICAR/CONDER, 1991.

** Escala de vôo

Elaboração: Silvana Carvalho (2002)

4.4 Análise espacial urbana: tecnologias utilizadas

No caso da identificação de áreas livres para ocupação urbana em Salvador, usou-se a sobreposição de camadas (*overlay*): A partir da vetorização das áreas livres sobre a foto-mosaico de Salvador (1998) obteve-se um mapa com as áreas livres da cidade (ver Mapa 5). Usando o *software* MapInfo, da MapInfo Corporation, que é um programa gerenciador de bancos de dados geográficos de pequeno porte, que executa seleções e operações sobre feições geográficas relacionados ou não a dados alfa-numéricos, foram excluídas feições que representam porções dos territórios onde é impossibilitada a construção de edificações. São elas: feições de declividade maior que 30% (ver Mapa 7), feições de grandes áreas institucionais (ver Mapa 8), e feições das lâminas, espelhos d'água, e áreas alagadiças que cortam a cidade (ver Mapa 1). Dessa exclusão as feições que restarão representarão as áreas disponíveis para ocupação urbana na cidade de Salvador - as feições nesse mapa final que tiveram área menor que 100ha também foram excluídas. Na Figura 13 é mostrado como essas operações foram executadas.

Figura 13 – Operações sobre as camadas de informações

As feições de declividade foram obtidas a partir do Modelo Digital de Terreno que por sua vez foi construído a partir da planta topográfica de Salvador, com curva de nível de 10 em 10 metros (Fonte: PEREIRA/1999), todas as operações efetuadas no ArcMap 8.0, Módulo 3D Analyst, da ESRI – que realiza operações de análise espacial sobre dados geográficos espaciais.

Com a identificação dessas áreas outros dados poderão ser cruzados, a partir da definição de variáveis que nortearão os cruzamentos, qualificando dessa maneira as áreas livres para ocupação. A título de exemplos pode-se sugerir os dados, através dos quais, se poderá qualificar essas áreas; eles referem-se a:

- Legislação urbana – Plano diretor e leis de ordenamento e uso do solo urbano;
- Questões ambientais – restrições ambientais legais para construção de edificações;
- Acessibilidade – através do sistema viário da cidade e do transporte coletivo;
- Valor do solo urbano – através de mapas de valores imobiliários da terra; e,
- Aspectos sócio-econômicos – estudos do IBGE sobre o censo 2000 em relação à renda e projeções da população.

Um modelo digital espacial oferece inúmeras possibilidades na geração de informações sobre a realidade urbana, através de sínteses de dados realizadas com os dados coletados e convertidos devidamente.

4.5 Áreas livres para ocupação urbana em Salvador: uma contribuição para o planejamento

Um dos produtos desse trabalho é a confecção de alguns mapas sobre a cidade de Salvador, cuja visualização permitiu maior entendimento e conhecimento do espaço físico e urbano da cidade. O software utilizado para organização, visualização e impressão dos mapas feitos foi o ArcMap 8.0, da ESRI – programa de SIG que gerencia arquivos de diversos formatos e realiza operações de análise espacial sobre dados geográficos espaciais.

A apresentação dos mapas começa com os aspectos físicos e urbanos da cidade, e estão ordenados a partir da página 66: eles podem ser divididos em mapas que apresentam os dados usados na análise espacial e os mapas síntese, onde são apresentados os resultados dos cruzamentos realizados.

Os mapas com dados usados na análise começam com o Mapa 1 - Mapa Base que mostra os elementos básicos da base cartográfica de Salvador, entre eles o sistema viário, limite de quadras, a toponímia, lâminas e espelhos d'água, áreas alagadiças, etc.; e com o Mapa 2 - Topografia – que mostra as curvas de nível da cidade com marcação de 10 em 10 metros, mostrando a topografia acidentada de Salvador que chega a uma altura máxima de aproximadamente 110m.

O Mapa 3 - Modelo Digital do Terreno, construído automaticamente no computador a partir do mapa de topografia, permite visualizar como se configura o relevo de Salvador e dá subsídio para a construção do mapa de declividade. Esse mapa é um exemplo da praticidade e velocidade do uso de tecnologias de Geoprocessamento, pois sem o computador, provavelmente ele não seria realizado pela demanda de tempo que ele requer na sua construção.

Para a identificação das áreas disponíveis ainda em Salvador optou-se por usar o último levantamento feito sobre a cidade que foi o levantamento aéro-fotográfico feito em 1998 pela Conder, com cerca de 370 fotos, o qual proporcionou montar um Mosaico de Fotos Aéreas, como mostra o Mapa 4.

Tomando como base esse Mosaico de Fotos Aéreas foi possível fazer o levantamento de áreas livres, sem considerar ainda as restrições necessárias para identificar as áreas disponíveis para

ocupação da cidade conforme método detalhado anteriormente e cujo resultado é visto no Mapa 5 - Áreas Livres.

Para obter as Áreas Disponíveis para Ocupação, foi necessário aplicar algumas restrições: de declividade, mostrada no Mapa 7 - Declividade acima de 30%; das áreas públicas institucionais, mostrada no Mapa 8 - Áreas Institucionais; e das lâminas, espelhos d'água e áreas alagadiças que cortam a cidade, mostradas no Mapa 1 - Mapa Base.

É interessante notar que esses mapas contêm vários planos de informação que podem ser manipuladas para montar os mapas desejados, o que denota outra capacidade dos SIGs – a de organizar e integrar bases de dados, inclusive diferenciadas, para um mesmo fim.

A partir dos cruzamentos realizados com os dados de análise obteve-se um mapa síntese, o mais importante de todos para este trabalho que é o Mapa 9 – Áreas Disponíveis para Ocupação, conseguido do cruzamento das Áreas Livres com as restrições de ocupação citadas acima.

Com esse mapa observou-se que as Áreas Disponíveis para Ocupação na cidade de Salvador ocupam uma parcela pequena do território municipal – cerca de 20%. Essas áreas encontram-se concentradas numa região que circunda a Av. Paralela, área bastante visada por empreendimentos imobiliários, e no setor norte da cidade, numa área predominantemente rural, desprovida de acesso à infra-estrutura e serviços básicos, e com legislação bastante específica.

Dentre essas áreas a porção territorial que chama mais atenção é a que circunda a Av. Paralela, onde ainda subsistem resquícios de Mata Atlântica. Numa matéria recente do jornal A Tarde (NETO, 2002) mostrou-se que manifestações recentes de protesto vêm acontecendo contra a devastação do verde no entorno da Avenida Paralela. O risco evidenciado é que esse resquício de verde da cidade seja destruído pela ocupação imobiliária, que vem concentrando na Paralela dezenas de empreendimentos comerciais. Salvador possui menos de 1 metro quadrado de verde por habitante enquanto que recomenda-se para qualquer cidade um mínimo de 16 metros quadrados por habitante.

A atual legislação do uso do solo de Salvador permite ampla utilização das margens da Av. Paralela, por isso as ocupações acontecem com cada vez mais frequência, como a implantação

de condomínios de luxo, postos de gasolina, instalações de faculdades, etc. Em outra matéria do Jornal A Tarde (CELESTINO, 2002) afirma-se haver uma terrível pressão das imobiliárias baianas sobre a prefeitura para a liberação de construções, ou projetos de ocupação, envolvendo a devastação do verde na Avenida Paralela que, sem dúvida, é uma das mais belas do país e onde se pode observar manchas exuberantes da Mata Atlântica ainda preservadas, além de lagoas, como a de Pituaçu.

Localizar as áreas disponíveis para ocupação pode permitir um direcionamento no crescimento urbano da cidade, subsidiar estudos sobre o plano-diretor da cidade e ajudar profissionais que buscam soluções para o problema da habitação e uso das áreas livres em Salvador.

A partir do resultado encontrado, outros cruzamentos foram feitos, que podem aprofundar questões relativas ao estudo do espaço urbano. Esses mapas são interessantes na medida em que mostram a facilidade de realizar sínteses de estudo sobre o espaço urbano a partir de sobreposições de várias camadas de informações coletadas, que às vezes nem são visualizadas no mapa final, mas foram imprescindíveis para o resultado final. Cruzar dados geográficos dessa forma é favorecido pela tecnologia – fazer isso manualmente significaria trabalhar com composições de mapas transparentes, e provavelmente não seriam feitos com a rapidez com que são feitos os mapas digitais.

O Mapa 10 – Mancha Urbana 1998 é uma comparação da área edificada de 1998, conseguida com uma operação de subtração entre o limite de Salvador e as feições de áreas livres, com as feições de edificação de 1991 (SICAR/CONDER, 1991). Apesar de serem bases diferenciadas – a base de 1991 é composta pelas edificações e a de 1998 por regiões – o mapa mostra o quanto e aonde se expandiu a mancha urbana de Salvador entre os anos de 1991 e 1998, revelando, assim, tendências e vetores de crescimento da cidade.

O Mapa 11 - Distribuição Populacional, mostra o cruzamento da distribuição populacional (IBGE/1992) com as feições de Áreas Disponíveis para Ocupação que apontando as altas densidades de população em determinadas regiões também comprova a necessidade de ocupação de novas áreas da cidade. A distribuição populacional tem como base a malha de setores censitários, embora esta não apareça no mapa final resultante.

O Mapa 12 - Legislação e Uso do Solo, apresenta como as Áreas Disponíveis podem ser utilizadas e ocupadas, segundo a atual legislação de Salvador. O que mais chama a atenção nesse mapa é que uma grande parcela das Áreas Disponíveis para Ocupação coincide com uma área rural, que possui legislação muito restritiva para ocupação, limitando dessa maneira o uso dessas áreas. É notável também que nas áreas ao redor da Avenida Paralela o que se observa na realidade é que hoje essa parcela de terra está sendo ocupada indiscriminadamente por diversos empreendimentos imobiliários e equipamentos urbanos, principalmente serviços – nota-se grande número de revendedoras de automóvel, instituições privadas de ensino superior e outros. Esse quadro mostra a necessidade de uma reavaliação da legislação vigente e a aplicação urgente de um novo plano diretor para cidade de Salvador.

E finalmente no Mapa 13 – Acesso ao Sistema Viário, analisou-se o acesso nas áreas disponíveis para ocupação com um *buffer* – análise de proximidade em relação a uma feição escolhida, a partir da determinação de uma zona em torno dela - de 500m aplicado à rede de vias principais da cidade. Nesse mapa verifica-se o quanto a infra-estrutura atinge essas áreas - quanto maior o acesso ao sistema viário maior também a possibilidade de acesso aos outros serviços básicos e urbanos, como água, energia elétrica, transporte, educação, etc.

Muitos outros cruzamentos de dados poderiam ser feitos, como por exemplo, a demanda da população por instalação de equipamentos e serviços à medida que essas áreas fossem ocupadas, ou qual o valor de mercado dessas terras ainda disponíveis, e tantos outros desde que haja a necessidade da informação sobre o espaço urbano e seja possível compor bases de dados compatíveis para o processamento.

As possibilidades de síntese de informações geográficas associadas à rapidez e eficácia na produção dos mapas é a grande conveniência trazida pelas tecnologias de Geoprocessamento aos técnicos e profissionais que trabalham com o planejamento das cidades contemporâneas.

As técnicas de Análise Espacial Urbana que antes eram na maioria feitas manualmente, hoje contam com disponibilidade de várias opções trazidas por mercado de *software* de SIG que só vem crescendo nos últimos anos. Além disso um novo campo de investigação se abre – o das simulações sobre o espaço urbano projetado, a partir de apresentações de propostas de intervenção para atender as demandas de desenvolvimento e dinâmica da cidade.

5. Conclusões

Trabalhar com o dado espacial, analisando-o e interpretando-o, sempre foi necessidade dos planejadores urbanos e profissionais que trabalham com o espaço urbano. Por métodos convencionais, às vezes muito demorados e trabalhosos, esses profissionais chegavam a sínteses bastante interessantes sobre o espaço geográfico urbano. No Brasil, e especificamente em Salvador, as últimas décadas têm-se mostrado com experiências insipientes em Planejamento Urbano, em contraposição às décadas anteriores, quando se produzia, seja a nível acadêmico, seja a nível governamental, muitas propostas centradas nos problemas urbanos das grandes cidades.

Os anos 1990 trouxeram a inovação tecnológica, com novas possibilidades de lidar com a informação. No campo da Geografia essa inovação tomou a forma das tecnologias de Geoprocessamento, que cada vez mais se consolidam como importantes instrumentos de gestão e intervenção no espaço territorial. No caso do Planejamento Urbano elas têm a pretensão de renovar e revigorar antigos processos usados em análise espacial urbana e apresenta novos processos com capacidades antes desconhecidas em cruzamento de dados espaciais; além da vantagem do tempo de execução dessas tarefas, essas tecnologias também apresentam novas formas de visualização cartográfica, onde o usuário pode de forma dinâmica interagir com um sistema de informações e sua base de dados, e gerar a informação de sua necessidade.

A metodologia utilizada nesse trabalho mostra as possibilidades que as tecnologias de Geoprocessamento trouxeram para o profissional que trabalha direta ou indiretamente com Planejamento Urbano. As vantagens encontradas referem-se a praticidade e velocidade no tratamento do dado espacial diante de uma demanda de análise sobre o espaço geográfico, mesmo sendo ele complexo como os das grandes cidades, além da oportunidade de retomar antigos processos convencionais de análise espacial urbana usados em estudos urbanos, que foram abandonados pelo tempo e custo que se consumia com eles (tomar como exemplo os mapas de declividade ou sobreposições de dados sobre uma mesma área determinada).

Pôde-se constatar, através desse trabalho, que as previsões feitas sobre a falta de condições estruturais e espaciais para um crescimento urbano adequado na cidade fazem um certo sentido e preocupam, fazendo-se necessário uma atenção maior no que se refere aos vetores de crescimento que estão se constituindo em Salvador, principalmente no sentido Norte da cidade.

Diante de previsões sobre o fim da dinâmica do processo de expansão de Salvador, o que resta ainda em Salvador de terras ou áreas possíveis de serem ocupadas deve ser olhado com cuidados especiais, porque, ou se favorece uma política de um aproveitamento adequado dessas áreas, ou a ocupação imobiliária, como já se percebe, imporá a lógica do mercado sobre as terras disponíveis para ocupação.

Os resultados obtidos no trabalho permitiram confeccionar mapas que efetivamente ajudam a fundamentar toda a questão da disponibilidade ou não disponibilidade de áreas livres em Salvador, contribuindo dessa forma, num sentido mais amplo, ao processo de entendimento do espaço urbano e seu planejamento.

Todos os processos realizados contaram com uma tecnologia atualizada, e foi interessante notar o uso combinado de vários *software*, o que mostra um uso adequado deles, ou seja, a favor do usuário e do problema que ele demanda, não um simples uso da “tecnologia pela tecnologia”. Além disso, o estabelecimento de uma metodologia de trabalho e sua documentação pode proporcionar a sua apropriação por outros usuários interessados em aplicar a tecnologia no tratamento da informação geográfica e urbana.

A incrementação e atualização de bases sobre Salvador conseguidas nesse trabalho ampliam as possibilidades de visualização sobre o espaço urbano de Salvador, na medida em que os dados que foram gerados possam ser cruzados com outros já coletados e processados ou que venham a ser trabalhados futuramente; por exemplo, estudos sobre o plano-diretor da cidade podem ser implementados a partir desses estudos.

Além disso, novas formas de visualização cartográficas estão sendo estudadas e avaliadas para que o usuário cada vez mais tenha acesso facilitado à informação geográfica, nesse sentido uma atualização de dados complementa e alimenta o trabalho de quem se preocupa com isso.

É importante notar também que um novo horizonte vem se ampliando a partir do uso de tecnologias de Geoprocessamento - a possibilidade de fazer simulações sobre projetos de intervenção no espaço urbano e fenômenos espaciais urbanos. No caso desse trabalho, de identificação das áreas disponíveis para ocupação em Salvador é possível fazer muitos cruzamentos sobre inferências futuras, por exemplo, como se dará a ocupação das áreas livres a partir do crescimento populacional da cidade; que impactos podem ser causados com a

implantação de novas instalações de serviços em áreas remanescentes na Av. Paralela; como uma legislação mais específica de uso do solo aplicada a essas áreas de maneira que possam ser utilizadas de maneira adequada pode interferir no seu entorno e no desenvolvimento da cidade.

Esse trabalho procurou mostrar, antes de tudo, que os planejadores hoje têm acesso a um instrumental poderoso de entendimento e simulação sobre o espaço urbano, bastando que se favoreça, tanto nas instituições governamentais como nas acadêmicas, a formação e manutenção de bases de dados compartilháveis entre os usuários de interesse, além da difusão de conceitos e tecnologias associados.

6. Referências

ARAGÃO, Ana Lúcia. *Geoprocessamento aplicado à Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo de Salvador*, 2002. (<http://www.mundogeo.com.br>, acessado em janeiro de 2002).

ARONOFF, Stan. *Geographic Information Systems – A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications, 1995, 294p.

BAILLY, Antoine S. *La Organización Urbana. Teorías y Modelos*. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local, 1978, Traducción: Jesus JOYA.

BATTY, Michael; XIE, Yichin. Urban Analysis in GIS Environment: Population Density Modelling Using ARC/INFO. In: FOTHERINGHAM & ROGERSON (Org.) *Spatial Analysis and GIS* London: Taylor & Francis, 1994.

BORGES, Karla Albuquerque Vasconcelos e FONSECA, Frederico Torres. Sistemas de Informações Geográficas X Representação Cartográfica – Uma Visão do Futuro. *Anais XVII Congresso Brasileiro de Cartografia*. Sociedade Brasileira de Cartografia, Salvador, 1995.

BRITO, Cristovão de Cássio da Trindade. *A Produção da Escassez de Terrenos Urbanos em Salvador e suas Conseqüências na Reprodução Futura do Espaço Urbano*. Dissertação de Mestrado/Curso de Pós-Graduação em Geografia/Instituto de Geociências-UFBA, Salvador. Orientador: Dr. Sylvio Carlos Bandeira de Mello e Silva. 1997, 131p.

BRITO, Francisco Jorge de Oliveira. *Base de Dados Físico Ambiental da Região Metropolitana de Salvador*. Monografia de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento – LCAD/FAUFBA, Salvador, 2000.

BURROUGH, P. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. New York: Oxford University Press, 1996, 194p.

CÂMARA, G. et al. Álgebra de Operações Geográficas. *Anais III Congresso Brasileiro de Geoprocessamento*, São Paulo, 1996, p. 407-424.

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andréa S.; MAGALHÃES, Geovane Cayres e MEDEIROS, Claudia Maria Bauzier. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. 10ª Escola de Computação / Julho de 1996. São Paulo: UNICAMP, 1996, 193 p.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Análise Espacial de Dados Geográficos. In: *Cursos GIS Brasil 99.*, Salvador, 1999.

CAMPOS FILHO, Cândido Malta. *Cidades Brasileiras: Seu Controle ou o Caos*. São Paulo: Nobel, 1992, 143p.

CARVALHO, Ilce Maria Marques de. *Modelo Conceitual de Dados para o Planejamento Físico Territorial*. Salvador: Monografia, I Curso de Especialização em Geoprocessamento, FAUFBA, 1996, 20p.

CARVALHO, Silvana Sá de. *O Uso da Cartografia Temática Digital como Instrumento de Apreciação do Espaço Urbano*. Monografia apresentada por ocasião da conclusão do I Curso de Especialização em Geoprocessamento. Salvador: LCAD/FAUFBA, xerocopiado, 1996.

_____. Dados Pesquisa: Geoprocessamento no Estado – Síntese. In: PEREIRA, G. C. e ROCHA M. C. F. (org.) *Dados Geográficos – Aspectos e Perspectivas*. Salvador: Quarteto Editora, 2002, p. 102-107.

CELESTINO, Samuel. Morte ao Verde I. *Jornal A Tarde* - 2 de maio de 2002, Caderno Política, p.9.

CHOAY, François. *O Urbanismo*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1979, 350p.

CHOU, Yud-Hong. *Exploring Spatial Analysis in GIS*. Santa-Fé: Onword Press, 1997, 474p.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1999.

CONDER - *Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia*. Disponível em <<http://www.conder.ba.gov.br>> Acesso em julho de 2001.

CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. *Base Cartográfica do Quadro Ambiental da Região Metropolitana de Salvador*. Salvador: CONDER, 2000, 27p.

CONDER/BALCÃO DE SERVIÇOS - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. *Mapas sobre as Áreas Institucionais de Salvador*. Impressão colorida, 2001.

FALCOSKI, Luiz Antônio N. *Dimensões Moforológicas de Desempenho: Instrumentos Urbanísticos de Planejamento e Desenho Urbano*. Xerocopiado.

FATOR GIS. *Anais do GIS Brasil 94*. Curitiba: Sagre Editora, 1994.

FATOR GIS. *Anais do GIS Brasil 96*. Curitiba: Sagre Editora, 1996.

FATOR GIS. *Anais do GIS Brasil 97*. Curitiba: Sagre Editora, CD Rom, 1997.

FATOR GIS. *Anais do GIS Brasil 98*. Curitiba: Sagre Editora, CD Rom, 1998.

FATOR GIS. *Anais do GIS Brasil 99*. Salvador: Sagre Editora, CD Rom, 1999.

FATOR GIS. *Anais do GIS Brasil 2000*. Salvador: Sagre Editora, CD Rom, 2000.

FATOR GIS. *Fator GIS On Line*. Disponível em <<http://www.fatorgis.com.br>> Acesso em julho de 2001.

FERREIRA, Cristina Xavier. SIG-Sal: Geoprocessamento na Região Metropolitana de Salvador. *Anais Gis Brasil 94/Módulo regional*. Curitiba: Editora Sagres, outubro de 1994, p.16-23.

FOTHERINGHAM, A S. Exploratory Spatial Data Analysis and GIS: Commentary. In: *Environment & Planning A*, p. 1675-1670, 1992.

GOODCHILD, Michael F. Geographical Information Science. *International Journal of Geographical Information Systems* - Vol 6/ N° 1. Washington: Taylor & Francis, 1992, p.31-45.

HAGGET, P., CHORLEY R. J. *Modelos, Paradigmas e a Nova Geografia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

HANNA, Karen; CULPEPPER R. Brian. *GIS in Site Design*. New York: Wildy, 1998, 224p.

HUXHOLD, William E. *An Introduction to Urban Geographic Information Systems*. New York: Oxford University Press, 1991, 337p.

IBGE - *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 mar 2002.

INPE - *Instituto Nacional de Pesquisa Espacial*. Disponível em <<http://www.inpe.br>> Acesso em julho de 2001.

LAURINI, R.; THOMPSON, E. *Fundamentals of Spatial Information Systems*. London: Academic Press, 1995.

LCAD. *Relatório Final de Pesquisa - PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica*. Salvador: UFBA/Faculdade de Arquitetura/LCAD. Agosto/2000 – Julho/2001.

MASCARÓ, Juan Luís. *Manual de Loteamentos e Urbanização*. Porto Alegre: Sagra – D.C. Luzzato Editores, 1994, 237p.

MacEACHREN, Alan M. Visualization in Modern Cartography: Setting the Agenda. In: MacEACHREN, Alan e TAYLOR, D. R. Fraser (Editores) *Visualization in Modern Cartography* (Modern Cartography – Vol. Two), Oxford: Pergamon, 1994, p.1-11.

McHARG, I. *Design With Nature*. New York: Doubleday, 1971.

MUNDOGEO - *O Portal de Geoinformação*. Disponível em <<http://www.mundogeo.com.br>>. Acesso em janeiro de 2002.

NCGIA - *National Center for Geographic Information & Analysis*. Disponível em <http://www.ncgia.ucsb.edu> >. Acesso em março de 2001.

NERY, Jussana M. F. G. *Planejamento Físico Territorial - Um Enfoque Ecológico*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - FAUFBA. Salvador: xerocopiado, 1992, 153p.

NEVES, Nuno Alves. *Aplicação de GIS em Planejamento Territorial: Modelos de Simulação e Decisão*. Curso GIS Brasil 97. Curitiba: Revista Fator GIS / SAGRES Editora, xerocopiado, 1997, 85p.

NETO, José Araújo. Ato Público Defende o Verde na Paralela. *Jornal A Tarde*. 1º de maio de 2002 – Caderno Local, p.7.

OCEPLAN/GESEC. *Encostas* Vol. 1, 2 e 3. Prefeitura Municipal de Salvador – Órgão Central de Planejamento/Grupo de Estudos Sócio Econômicos, 1981.

OPEN GIS CONSORTIUM *The Open GIS Abstract Specification*. Wayland:OpenGIS, Version 4, 1999.

PEREIRA, Gilberto Corso. *Planejamento Urbano na Era da Tecnologia da Informação; Notas*. Salvador: xerocopiado, 1996.

_____*Projeto de Base de Dados para Planejamento e Desenho Urbano*. Salvador, xerocopiado, 1998.

_____*Geoprocessamento e Urbanismo em Salvador: Uma Contribuição Cartográfica*. Tese de Doutorado em Geografia/UNESP, Orientação: Dra. Bárbara-Christine Nentwig Silva. Rio Claro, 1999, 194p.

_____*Visualização de Informações Urbanas através de Multimídia*. *Anais III Congresso Iberoamericano de Gráfica Digital*. Montevideo: SIGRADI, 1999, p.239-243.

_____*Atlas Digital de Salvador*. Salvador: LCAD, CD Rom, 2000.

_____ Projeto Salvador: Interatividade e Animação na Análise do Espaço Urbano. *Libro de Ponencias – V Congresso Iberoamericano de Gráfica Digital/SIGRADI Biobio 2001* - Nov de 2001. Concepcion: Universidad del Biobio, 2001, p.319-321.

PEREIRA, Gilberto Corso e CARVALHO, Silvana Sá de. O Uso de SIG em Planejamento e Gestão Urbana nas Grandes Cidades Brasileiras. *Anais do Congresso Gis Brasil 99/CD Rom*, Salvador. Fator GIS On Line, 1999.

_____ Visualização e Cartografia de Salvador. *Anais do Congresso Gis Brasil 99*. CD Room. Salvador: Fator GIS On Line, 1999.

_____ Análise Espacial Urbana em Geoprocessamento. *Anais do Congresso Gis Brasil 2000*. CD Room. Salvador: Fator GIS On Line, 2000.

PEREIRA, Gilberto Corso, ROCHA, Maria Célia Furtado, CARVALHO, Silvana Sá de. Infra-Estrutura de Dados Espaciais: O Caso Baiano. In: PEREIRA, G. C. e ROCHA M. C. F. (org.) *Dados Geográficos – Aspectos e Perspectivas/Cadernos REBATE*. Salvador: Quarteto Editora, 2002, p. 13-30.

PETERSON, Michael P. *Interactive and Animated Cartography*. Series in Geographic Information Science. New Jersey: Prentice Hall, 1995, 257p.

PIRES, Alexandre; BARBASSA, Ademir. *Mapeamento de Áreas Urbanas de Inundação*. Fator GIS On Line, Curitiba. Disponível em <http://www.fatorgis.com.br>, acesso em 5 ago. 2001.

PMS. *Prefeitura Municipal de Salvador*. Disponível em <<http://www.pms.ba.gov.br>>. Acesso em agosto de 2001.

QUINTANILHA, José Alberto. Entrada e Conversão de Dados: Processos de Construção de Bases de Dados Espaciais. *Anais do III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo, 1995, p.29-58.

REBATE. *Cadastro de Usuários e Recursos de Geoprocessamento no Estado da Bahia*. Diagnóstico. Salvador: LCAD, mimeo., 2001.

REBATE. *Rede Baiana de Tecnologia em Informação Espacial*. Disponível em <<http://www.ufba.br/~rebate>>. Acesso em fevereiro de 2002.

RIBEIRO, Luiz César Queiroz & AZEVEDO, Sérgio. A Produção da Moradia nas Grandes Cidades: Dinâmica e Impasses. In: RIBEIRO, L. C. Q. & AZEVEDO, S. (Orgs.). *A Crise da Moradia nas Grandes Cidades*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1996, p.13-32.

SAMPAIO, Antônio Heliodório Lima. *Formas Urbanas – Cidade Real & Cidade Ideal – Contribuição ao Estudo Urbanístico de Salvador*. Salvador: Quarteto Editora/ PPG/AU, Faculdade de Arquitetura da UFBA, 1999, 432p.

SANTOS, Milton. Os Novos Mundos da Geografia. *Cadernos de Geociências* 5, Novembro/96, Instituto de Geociências/UFBA, p.19-30.

SCARIM, José Luiz e TEIXEIRA, Amandio Luís. Digitalização e Conversão Raster/Vector de Mapas. *Revista Fator GIS, Ano 2, nº 6, jul/ago/set de 1994*. Curitiba: Editora Sagre, 1994, p.16-21.

SECONDINI, Piero; DURAZZI, Alberto; MUZZARELLI, Aurélio. O Estado Atual e as Potencialidades dos Sistemas Informativos Geográficos. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo* Ano1, nº 1, PUC/MG, 1993, p. 27-38.

SEI. *Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia*. Disponível em <<http://www.sei.ba.gov.br>>. Acesso em setembro de 2001.

SEPLAM – Secretaria do Planejamento, Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico e FMLF – Fundação Mário Leal Ferreira. *LOUOS – Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo de Salvador*. Salvador: FMLF/SEPLAM, CD Rom, 2000.

SIKORSKY, Sergiusz Romuald. Geoprocessamento como Instrumento de Planejamento Urbano. *Anais GIS Brasil 96 - II Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento*. Curitiba: Fator GIS, 1996.

SILVA, Sylvio Bandeira de Mello. Reavaliando os Principais Problemas de Salvador. *Cadernos de Geociências 5*, Nov de 1996. Salvador: Instituto de Geociências, 1996, p.43-50.

SOUZA, Genival Corrêa. *Elaboração de Planta Cadastral Imobiliária Digital a Partir de Fotografias Aéreas Utilizando a Vetorização em Tela*. Monografia apresentada no Curso de Especialização em Geoprocessamento/LCAD/FAUFBA. Salvador: LCAD, 1998, 28p.

TARACIEVICZ, Mara Cristina Sampaio; LASS, Maria da Conceição; SIKORSKI, Sergiusz Romuald. Geoprocessamento Aplicado à Área do Município de Curitiba. *Anais GIS Brasil 94/Módulo Municipal*. Curitiba: Sagre Editora, Outubro de 1994, p.1-10.

TEIXEIRA, Amândio; CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Bibliografia sobre Sistemas de Informação Geográfica – Volume I / Teoria*. Curitiba: Sagres Editora, 1998. 203p.

TEIXEIRA, Amândio; CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Sistema de Informações Geográficas / Dicionário Ilustrado*. São Paulo: Editora Hucitec, 1997, 244p.

TEIXEIRA, Amândio; MATIAS, Lindon; NOAL, Rosa; MORETTI, Edmar. Qual a Melhor Definição de SIG. *Revista Fator GIS*, Ano 3, Nº 11 Outubro/Novembro/Dezembro - 1995. Curitiba: Sagres Editora, 1995, p. 20-24.

TEIXEIRA, Fernando. *O Geoprocessamento no Monitoramento de Processos Urbanos – Estudo Comparativo da Ocupação do Solo na Região de Brotas nos Anos de 1976 e 1998*. Salvador: Monografia apresentada no IV Curso de Especialização em Geoprocessamento/LCAD/FAUFBA. Salvador: LCAD, 2001, 75p.

TOMLIN, G. Dana. *Geographic Information System and Cartographic Modeling*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1990, 249p.

USP. *Anais do Simpósio de Geoprocessamento*. São Paulo: USP – Departamento de Transporte/Politécnica, 1990.

USP. *Anais do Simpósio de Geoprocessamento*. São Paulo: USP – Departamento de Transporte/Politécnica, 1993.

USP. *Anais do Simpósio de Geoprocessamento*. São Paulo: USP – Departamento de Transporte/Politécnica, 1995.

USP. *Anais do Simpósio de Geoprocessamento*. São Paulo: USP – Departamento de Transporte/Politécnica, 1997.

WOOD, M. The Tradicional Map as a Visualization Technique. In: HEARNshaw, H. M., UNWIN, D.J. (ed.) *Visualization in Geographical Information Systems*. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.