



## EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Técnica:  
**Tatiana Sancevero Batistela**, Arquiteta e Urbanista Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Consultores:  
**Alejandro Alvarado Peccinini**, Biólogo Mestre em Biologia  
**Carla Rosana Azambuja Herrmann**, Arquiteta e Urbanista  
**José Alfredo Guimarães de Sá**, Geólogo Mestre em Engenharia de Produção  
**Marcos Antônio Correntino da Cunha**, Engenheiro Eletricista Especialista em Hidrologia e Recursos Hídricos  
**Nilson Clementino Ferreira**, Engenheiro Cartógrafo Doutor em Ciências Ambientais  
**Nilton Ricetti Xavier de Nazareno**, Engenheiro Cartógrafo Doutor em Arqueologia  
**Roberta Mara de Oliveira**, Tecnóloga em Geoprocessamento  
**Rosângela Mendanha da Veiga**, Arquiteta e Urbanista e Tecnóloga em Saneamento Ambiental Mestre em Desenvolvimento e Planejamento Territorial

Secretária:  
**Ludimila Rodrigues de Carvalho**

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>06</b>
<b>Justificativa</b>	<b>06</b>
<b>Objetivo</b>	<b>07</b>
<b>Conteúdo Programático</b>	<b>07</b>
<b>1 BASE CONCEITUAL E CONTEXTO HISTÓRICO EM QUE SE INSERE A CONSTRUÇÃO DE INTERFACES ENTRE OS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA URBANA E POLÍTICA AMBIENTAL</b>	<b>10</b>
<b>1.1 A relação entre a “natureza” e a “civilização”</b>	<b>10</b>
<b>1.2 O paradigma do desenvolvimento: Conferência de Estocolmo (1972) – Ecodesenvolvimento, e a Conferência do Rio (1992) – Desenvolvimento Sustentável</b>	<b>13</b>
<b>1.3 A construção da gestão ambiental urbana</b>	<b>17</b>
<b>1.4 A sustentabilidade no Estatuto da Cidade: interfaces entre instrumentos de política urbana e política ambiental</b>	<b>21</b>
<b>1.5 O caso de Goiânia: harmonização entre instrumentos de política urbana e política ambiental</b>	<b>24</b>
<b>Referências Bibliográficas – Capítulo 1</b>	<b>27</b>
<b>2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – CONCEITUAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Um breve histórico</b>	<b>30</b>
<b>2.2 Definições</b>	<b>32</b>
<b>2.3 Componentes de um SIG</b>	<b>34</b>
<b>2.3.1 As várias concepções de SIG (arquitetura)</b>	<b>36</b>
<b>2.3.1.1 SIG tradicional</b>	<b>37</b>
<b>2.3.1.2 Arquitetura dual</b>	<b>38</b>
<b>2.3.1.3 SIG baseado em CAD</b>	<b>39</b>
<b>2.3.1.4 SIG relacional</b>	<b>41</b>

2.3.1.5 SIG orientado a objeto	42
2.3.1.6 Desktop mapping	44
2.3.1.7 SIG baseado em imagens	45
2.3.1.8 SIG integrado (matrizes-vetores)	47
2.3.1.9 Acesso a dados via Internet	48
2.4 Funcionamento de um SIG	49
2.4.1 Entrada de dados	51
2.4.2 Gerenciamento e recuperação de informações	52
2.4.3 Manipulação e análise	53
2.4.4 Exibição e produção cartográfica	55
2.5 Critérios para a escolha de um SIG	55
2.6 Desenvolvimento de SIG - tendências	57
2.7 Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados	58
3 CARTOGRAFIA – CONCEITUAÇÃO TEÓRICA	62
3.1 Definições	63
3.2 Superfícies de referência usadas em cartografia	65
3.2.1 Superfície de referência geoidal	65
3.2.2 Superfície de referência esférica	66
3.2.3 Superfície de referência elipsoidal	67
3.2.4 O relacionamento entre as superfícies física, geoidal e elipsoidal	68
3.3 Sistemas de Referência	69
3.3.1 Sistemas de Coordenadas Geográficas e Geodésicas	69
3.3.2 Sistemas de Coordenadas Cartesianas Tridimensionais	70
3.3.3 Datum	71
3.3.3.1 Mudança de Datum	74

<b>3.4 Projeções Cartográficas</b>	<b>76</b>
<b>3.4.1 Superfícies de projeção</b>	<b>76</b>
<b>3.4.2 Variação de escala</b>	<b>78</b>
<b>3.4.2.1 Escalas particulares</b>	<b>80</b>
<b>3.4.3 Propriedades especiais das projeções</b>	<b>81</b>
<b>Referências Bibliográficas – Capítulos 2 e 3</b>	<b>84</b>

## **INTRODUÇÃO**

Diante da crise em que se encontram as cidades brasileiras, a implementação de um diálogo sinérgico entre os campos disciplinares, urbano e ambiental, que o paradigma do desenvolvimento sustentável vem a exigir, apresenta-se como uma medida necessária e urgente.

Introduzida neste contexto, a gestão ambiental urbana - entende-se a compatibilização do processo de desenvolvimento urbano com a conservação do meio ambiente nas cidades - surge como uma possível forma de se estabelecer uma união entre os aspectos que permeiam tanto a dimensão ambiental quanto a urbana.

Ancorados neste conceito, necessitamos evoluir na difusão de uma base para o planejamento e gestão das cidades preocupada tanto com as questões socioeconômicas quanto com questões de preservação e conservação dos recursos naturais.

A implementação da gestão ambiental urbana enfrenta como um de seus desafios à construção de interfaces entre os instrumentos da política ambiental e da política urbana, em especial entre a Política Nacional do Meio Ambiente e o Estatuto da Cidade.

Neste sentido, caminhando em direção a consolidação da gestão ambiental urbana, o Município de Goiânia, em apoio à implantação e implementação dos instrumentos de planejamento físico-territorial instituídos pelo Plano Diretor (Lei nº. 171/2007), desenvolveu projetos como: Mapeamento dos Vazios Urbanos, Revisão e Detalhamento da Carta de Risco e Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE).

### **Justificativa**

Para implantação e gerenciamento do aporte conceitual, metodológico e tecnológico desenvolvido especialmente para estes três instrumentos - Mapeamento dos Vazios Urbanos, Revisão e Detalhamento da Carta de Risco e Zoneamento Ecológico-Econômico -, se faz necessária à qualificação e capacitação dos gestores e técnicos da Prefeitura Municipal de Goiânia, inclusive de seus “parceiros” institucionais.

O processo de orientação e difusão técnico-científica e metodológica, segundo as Diretrizes Metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil (2006), devera

abordar o treinamento e compatibilização de ferramentas computacionais de geoprocessamento, através da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com incorporação de linguagens de programação sobre dados que facilitem as implementações necessárias ao processo de execução do ZEE; estendendo-se aqui esta prerrogativa aos Vazios Urbanos e a Carta de Risco já que estes instrumentos de planejamento foram desenvolvidos conjuntamente e em complementaridade.

## **Objetivo**

O Projeto Transferência de Tecnologia objetiva capacitar e qualificar os agentes públicos para apoio à implantação e implementação dos três instrumentos de planejamento físico-territorial instituídos pelo Plano Diretor (Lei nº. 171/2007): Mapeamento dos Vazios Urbanos, Carta de Risco e Zoneamento Ecológico-Econômico.

## **Conteúdo Programático**

<b>ABERTURA – Aula Inaugural - 3H.</b>
--

Apresentação do Projeto: Transferência de Tecnologia.

<b>MÓDULO 1 – Base Conceitual - 20H.</b>
--

- 1 Base conceitual e contexto histórico em que se insere a construção de interfaces entre os instrumentos de política urbana e política ambiental
- 2 Sistema de Informações Geográficas – conceituação teórica
- 3 Cartografia – conceituação teórica
- 4 Introdução ao Mapeamento dos Vazios Urbanos do Município de Goiânia;
- 5 Introdução a Carta de Risco e Planejamento do Meio Físico do Município de Goiânia;
- 6 Introdução ao Zoneamento Ecológico-Econômico do Município de Goiânia.

**MÓDULO 2 – Geologia, Geomorfologia, Hidrogeologia e Solos – 20 H.**

- 2.1 Geologia;
- 2.2 Hidrogeologia;
- 2.3 Geomorfologia;
- 2.4 Pedologia;
- 2.5 Visita a campo.

**MÓDULO 3 – Hidrologia e Dinâmica Fluvial – 20H.**

- 3.1 Informações hidrológicas;
- 3.2 Obtenção de dados hidrológicos;
- 3.3 Análise e tratamento de dados;
- 3.4 Características físicas das bacias hidrográficas;
- 3.5 Características pluviométricas;
- 3.6 Características fluviométricas;
- 3.7 Os problemas causados por sedimentos;
- 3.8 Os efeitos da impermeabilização;
- 3.9 Estimativa de enchente máxima provável;
- 3.10 escoamento superficial e infiltração;
- 3.11 Dinâmica fluvial;
- 3.12 Intensidade de chuva;
- 3.13 Noção de estimativa aplicada em hidrologia;
- 3.14 Balanço hídrico;
- 3.15 Visita a campo.

**MÓDULO 4 – Biodiversidade – 20H.**

- 4.1 Conceitos sobre o Bioma Cerrado;
- 4.2 Classificação das fitofisionomias do bioma cerrado;
- 4.3 Associação de espécies nativas com a fitofisionomia em que predomina;
- 4.4 Definição de Espécies Exóticas e Invasoras;
- 4.5 Metodologia utilizada para elaboração do diagnóstico e prognóstico da vegetação remanescente no município;
- 4.6 Situação Atual das APPs em áreas urbanas consolidadas;

- 4.7 Situação Atual das APPs em áreas rurais;
- 4.8 Fragmentação de ecossistemas e perda de diversidade biológica;
- 4.9 Prognóstico e possibilidades de uso do solo;
- 4.10 Visita a Campo.

**MÓDULO 5 – Análise Socioeconômica – 4H.**

- 5.1 Estudos Populacionais;
- 5.2 Condições de Vida da População;
- 5.3 Uso da Terra.

**MÓDULO 6 – Aparato Jurídico Institucional – 12H.**

- 6.1 O Contexto Jurídico;
- 6.2 O Contexto Institucional;
- 6.3 Ameaças e Oportunidades ao Desenvolvimento Sustentável.

**MÓDULO 7 – Implantação de SIG para manipulação das Bases de Dados – 92H.**

- 7.1 ArcGIS
  - 7.1.1 Introdução ao ArcGIS;
  - 7.1.2 Ferramentas disponíveis no ArcGIS;
  - 7.1.3 Pesquisa e Análise de dados Geográficos;
  - 7.1.4 Construção de Modelos de Análises;
  - 7.1.5 Produção de Informações Geográficas;
  - 7.1.6 Publicação de Informações para o SIG-SEPLAM.
- 7.2 gvSIG
  - 7.2.1 Introdução do gvSIG;
  - 7.2.2 Ferramentas disponíveis no gvSIG;
  - 7.2.3 Pesquisa e Análise de dados Geográficos;
  - 7.2.4 Construção de Modelos de Análises;
  - 7.2.5 Produção de Informações Geográficas.

# 1 BASE CONCEITUAL E CONTEXTO HISTÓRICO EM QUE SE INSERE A CONSTRUÇÃO DE INTERFACES ENTRE OS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA URBANA E POLÍTICA AMBIENTAL

## 1.1 A relação entre a “natureza” e a “civilização”

A idéia de natureza tem permeado as formulações teóricas urbanas em diferentes momentos, até os primórdios da Idade Moderna estava vinculada ao mito do sagrado e era considerada em oposição à idéia de civilização, representada pela cidade. “A natureza era o que se encontrava além dos muros da cidade, o espaço não protegido, não organizado, não construído” (ARGAN, 1992, p.212 *apud* MARCONDES, 1999, p.39).

Durante milhares de anos, desde a Pré-história até o Período Neolítico, havia passividade do ser humano em relação à natureza. A força dos fenômenos naturais inspirou no homem um temor reverencial profundo pelas manifestações da natureza, por não conseguir explicá-las a contento (SANCEVERO-BATISTELA, 2007, p. 9).

Na Renascença<sup>1</sup> a cidade, segundo Thomas (1988 *apud* MARCONDES, 1999, p.40), enquanto sinônimo de civilidade, “era em oposição à rudeza e rusticidade do campo, à brutalidade da natureza”. **(Fig. 1.1 e 1.2)**

No final do século XVIII, a relação entre homem e a natureza, particularmente com a natureza selvagem, se alterou. A reação à deterioração do ambiente urbano, que começa a ser percebida neste momento, levou a uma admiração exacerbada pelo campo e pela natureza.

A idealização da integração cidade-natureza, combinando as vantagens sociais e econômicas da cidade com o ambiente físico do campo, é retomada um século depois por Ebenezer Howard (1898) e sua proposta de cidade-jardim. **(Fig. 1.3 e 1.4)**

Usualmente, o ano de 1760 é dado como o início da Revolução Industrial e conseqüentemente indicado como o marco das modificações da paisagem, nas diversas e sucessivas utilizações do solo e nos diversos estímulos e estilos do desenho de paisagismo. Frente a isto, se julga frequentemente que é nesse período que o homem passou a exercer

---

<sup>1</sup> Chama-se de arquitetura do renascimento ou renascentista àquela que foi produzida durante o período do Renascimento europeu, ou seja, basicamente, durante os séculos XIV, XV e XVI.

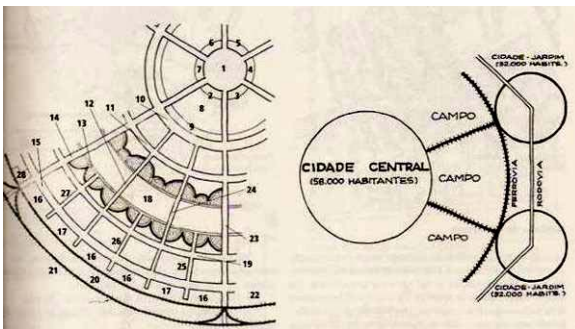
um papel nas alterações da face da terra, fazer uso dos recursos naturais (MAGNOLI, 1986, p.61).



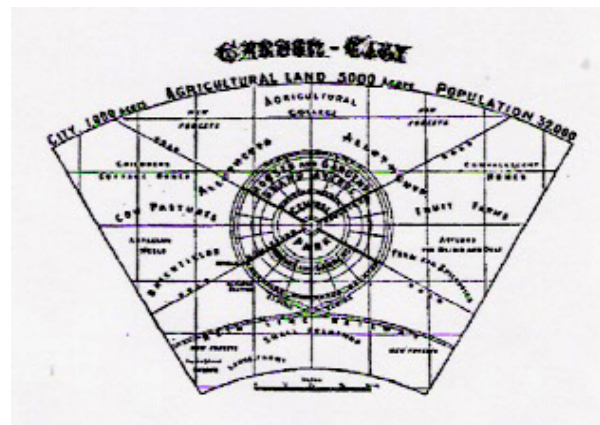
**Fig. 1.1** – Pintura Paris de 1493, o muro cerca a cidade.  
Fonte: www.wikipedia.org. Acesso em: 20 dez. 2006.



**Fig. 1.2** – Gênova em 1493, vê-se a cidade voltada para seu interior. Fonte: loco citato.



**Fig. 1.3** - Cidade Jardim de Howard  
Fonte: Ferrari *apud* Guimarães, 2004, p. 79.



**Fig. 1.4** – Diagrama de Howard: o local deveria ser escolhido antes da execução do desenho. Fonte: Lucey; Norman, 1973 *apud* Andrade, 2005, p.32.

A passagem da economia de subsistência para a de mercado e o avanço verificado nos conhecimentos científicos e técnicos após este marco, representaram um salto qualitativo no controle e utilização/exploração dos recursos ambientais. “Com a revolução industrial, os papéis inverteram-se e agora é a Natureza que carece de proteção contra a ação humana” (ARAGÃO, 1997, p. 19 *apud* FARIAS, 2005, p. 55). (**Fig. 1.5**)



**Fig. 1.5** – Coalbrookdale (cidade britânica), considerada um dos berços da Revolução Industrial. Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). Acesso em: 20 dez. 2006.

No século XIX surgem os mais diversos pontos de vista acerca da relação do homem com a natureza, indo do enfoque evolucionista de Darwin<sup>2</sup> ao de Marx<sup>3</sup> e Engels, segundo os quais tal relação era pautada pelas relações sociais de produção (SANCEVERO-BATISTELA, 1997, p. 12).

O antagonismo homem x natureza alimentou duas abordagens filosóficas e epistemológicas contrastantes. À chamada visão “antropocêntrica” - aquela em que a natureza existe sempre como valor instrumental cujo destinatário exclusivo é o homem, em contraponto a uma visão “ecocêntrica” - que considera relevantes todas as coisas animadas e inanimadas do meio ambiente, possuindo valor que transcende a utilização instrumental pelo homem. Esta visão de que há outros interesses além dos humanos na proteção do meio ambiente opõe-se à visão antropocêntrica trazida, dentre outros, na Idade Moderna por Descartes<sup>4</sup> e busca dar novas luzes à dimensão conflituosa e perene da relação homem e natureza (FARIAS, 2005, p. 24).

---

<sup>2</sup> Charles Darwin (1809-182) desenvolveu a teoria da “evolução por seleção natural”; ele adotou a idéia da luta competitiva e de taxas diferenciais de sobrevivência como base de suas idéias, dando-lhes o nome de “seleção natural” (PALMER, 2006, p. 108).

<sup>3</sup> Karl Marx, economista e filósofo, é geralmente considerado o fundador do comunismo moderno, bem como uma influência importante na teoria socialista (PALMER, 2006, p. 121).

<sup>4</sup> Em sua filosofia, Descartes dividiu a criação em duas essências: a *res cogitans* (a que pensa) e a *res extensa* (a que ocupa espaço), denominado os entes físicos não-humanos do mundo como objetos puramente mecânicos, incapazes de qualquer tipo de pensamento (FARIAS, 2005, p. 24).

Entretanto, conforme cita Marcondes (1999, p.42), é nos meados da década de 1960 que na relação entre homem e natureza, pauta presente no pensamento do século XIX, emerge a denominação meio ambiente tratada nos aspectos concernentes à problemática do desenvolvimento. Este termo passou a designar uma pluralidade de questões abrangidas pela terminologia questão ambiental, abrigando desde o desmatamento de florestas e riscos de extinção de espécies da fauna e flora, até os problemas permeados pela questão urbana como poluição de mananciais hídricos ou de resíduos sólidos.

O pensamento atual sobre meio ambiente foi desenvolvido a partir de três vertentes<sup>5</sup>, a segunda e mais importante enseja que a questão ambiental passou a ser compreendida como redefinidora das possibilidades de desenvolvimento humano. Este eixo de análise foi fundamentado, sobretudo, nos documentos preparatórios às conferências organizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU), à frente descritas (*ibidem*, p. 44-45).

## **1.2 O paradigma do desenvolvimento: Conferência de Estocolmo (1972) – Ecodesenvolvimento, e Conferência do Rio (1992) - Desenvolvimento Sustentável**

O crescimento econômico que conhecemos hoje está baseado no uso intensivo da energia fóssil, no uso da água, do ar e do solo e na super-exploração de ecossistemas naturais. Nos fins dos anos 60 inicia-se um lento processo de avaliação das conseqüências deste paradigma de desenvolvimento e começa-se a construir tanto uma base técnico-científica como legal e institucional para enfrentar a aparente dissociação entre preservação ambiental e desenvolvimento, chegando-se até o momento atual onde os esforços estão concentrados não mais na mitigação de impactos negativos, mas na construção de um novo modelo de desenvolvimento que tem sido qualificado como “sustentável”.

Parte-se do entendimento de que o surgimento das preocupações quanto às questões urbana e ambiental se deram em momentos diferentes. Enquanto a primeira, pode-se dizer simplificaradamente, adveio juntamente com a consolidação do capitalismo ocidental e da

---

<sup>5</sup> A primeira vertente em que os assuntos foram apropriados de forma fragmentada nos estudos sobre políticas públicas, movimentos sociais, etc.; e uma terceira vertente na qual os paradigmas existentes seguiram o caminho da chamada “ciência normal”, procurando entender os modelos, redefinir os conceitos e introduzir novos pontos de vista a fim de dar conta da problemática iminente.

industrialização<sup>6</sup>; a segunda surge de reações ao caráter predatório da expansão econômica capitalista, em questionamento a este modelo de desenvolvimento (RIBAS, 2003, p.20 *apud* SANCEVERO-BATISTELA, 2007, p. 13).

Existe uma noção de certa forma generalizada de que há sempre um conflito, ou uma oposição, uma contradição mesmo entre os conceitos de "urbano" e de "ambiental". Esta oposição está presente nas formulações teóricas sobre sociedade e natureza, nas políticas públicas urbana e ambiental e nas práticas dos movimentos sociais (incluindo ambiental), muitas vezes até nas tentativas de abordagem interdisciplinar da "questão ambiental-urbana" (RIBAS, 2003, p.22 *apud* SANCEVERO-BATISTELA, 2007, p.13).

Historicamente, o Brasil foi marcado por forte tradição de exploração dos recursos naturais, o que explica o fato de as cidades terem surgido primeiramente ligadas às atividades extrativistas e agro-mercantis, tendo se desenvolvido basicamente a partir de pontos de comercialização e exportação de recursos naturais (pau-brasil, cana-de-açúcar, ouro e pedras preciosas, café, etc.). Posteriormente, a partir do processo de industrialização, já na década de 1930, e aliada à crescente imigração rural-urbana, verifica-se uma forte pressão no que tange ao aumento das atividades relativas à urbanização no Brasil onde predominava o uso indiscriminado do solo urbano, a falta de planejamento e oferta de serviços urbanos, repercutindo impactos ambientais e deterioração do espaço urbano (BOTTINI, 2005, p. 21 *apud* SANCEVERO-BATISTELA, 2007, p. 15).

Durante as décadas de 1950 e 1960 se deu o processo de consolidação da economia industrial e do mercado nacional, período em que se aceleraram as migrações internas para as cidades, levando ao crescimento urbano desordenado e caótico e dando origem a uma nova lógica de organização espacial, o Brasil se torna eminentemente urbano. O aumento veloz da taxa de urbanização impusera a necessidade urgente de maior regulamentação de uso e ocupação do solo urbano na tentativa de disciplinar a expansão urbana (*loco citato*).

A questão ambiental na agenda política brasileira tem como relevante marco à Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo (Suécia) 1972, que propiciou a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), em 1973<sup>7</sup>, e de

---

<sup>6</sup> Iniciada na Europa e expandida para diferentes partes do mundo.

<sup>7</sup> Decreto nº. 73.030, de 30 de outubro de 1973.

uma legislação federal através da Lei nº. 6.938/1981<sup>8</sup>, denominada Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e ainda por resoluções específicas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A década de 1970 foi marcada pela tomada de consciência mundial para a questão ambiental. A publicação em 1972 pelo Clube de Roma do relatório "*Limites do Crescimento*", conhecido por "*Relatório Meadows*", e no mesmo ano, a Conferência da ONU em Estocolmo considerada um marco do ambientalismo global, foram iniciativas pioneiras na discussão de problemas ambientais em contraponto ao desenvolvimento e tiveram papel preponderante na projeção da crise ambiental em nível mundial despertando a preocupação com o meio ambiente. Este período no Brasil, como no mundo, foi marcado por iniciativas governamentais baseadas em instrumentos de comando e controle<sup>9</sup> das atividades industriais.

A partir da década de 1980, incrementou-se o esforço de internalizar a dimensão ambiental no processo de desenvolvimento, até então, o meio ambiente era visto como mera restrição, ou mesmo como fator externo ao desenvolvimento. Em 1983 foi instituída, no âmbito da ONU, a Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) que em 1987 publicou o relatório "*Nosso Futuro Comum*", conhecido como "*Relatório Brundtland*", contendo os princípios fundamentais para guiar a humanidade rumo ao desenvolvimento sustentável.

No Relatório Brundtland<sup>10</sup>, o conceito de desenvolvimento sustentável é apresentado como aquele que satisfaz as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades (CMMAD, 1988, p.46 *apud* BARBIERI, 1997, p.23). Vale ressaltar que para este conceito ainda não há um conteúdo preciso cabendo as mais variadas definições; este traz a tona um amplo debate em torno tanto da idéia de desenvolvimento quanto de sustentabilidade.

Podemos destacar que a necessidade de introduzir parâmetros ambientais nas políticas urbanas só tomou vulto a partir da discussão sobre cidades sustentáveis impulsionada pela Conferência das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento,

---

<sup>8</sup> A definição federal, apresentada por esta lei e recepcionada pela Constituição Federal, conceitua meio ambiente como "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as formas".

<sup>9</sup> Instrumentos de comando e controle ou regulatórios são aqueles em que o poder público estabelece padrões e pune com sanções legais e penalidades aqueles que desobedecerem as regras.

<sup>10</sup> Processo preparatório da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92

no Rio de Janeiro em 1992, onde se aprova o documento intitulado Agenda 21, e pela Conferência Habitat II, em Istambul 1996. Entendido como cidades sustentáveis aquelas cujo desenvolvimento busca o equilíbrio entre crescimento econômico, equidade social e preservação ambiental. (SANCEVERO-BATISTELA, 2007).

A Agenda 21 aborda os compromissos para mudança de padrão de desenvolvimento para o século XXI, onde se buscou estabelecer um quadro de referências para as políticas públicas. O enfoque deste processo de planejamento não é restrito as questões ligadas à preservação e conservação da natureza, mas sim uma proposta que rompe com o planejamento dominante nos ultimas décadas quanto à predominância do enfoque econômico.

Este documento considera questões estratégicas ligadas à geração de emprego e de renda; à diminuição das disparidades regionais e interpessoais de renda; às mudanças nos padrões de produção e consumo; à construção de cidades sustentáveis; à adoção de novos modelos e instrumentos de gestão. Em suma, a Agenda 21 deve expressar um planejamento estratégico e participativo, que determina as prioridades a serem definidas e executadas em parceria governo-sociedade. Assim, faz ressurgir no plano internacional a necessidade do planejamento estratégico, descentralizado e participativo (SANCEVERO-BATISTELA, 2007).

A corrente do planejamento estratégico aplicado ao ordenamento do território diz respeito ao planejamento que emergiu das críticas ao modelo tradicional e resulta não apenas no desenvolvimento físico do plano, mas num conjunto de estratégias relacionadas para a implementação de ações, incluindo no caso urbano, a participação da sociedade na gestão, os condicionantes ambientais da urbanização, o acesso a terra, a infra-estrutura, a economia urbana e a construção de um marco institucional visando um processo de desenvolvimento urbano integrado (*ibidem*).

É importante destacar que a Conferência do Rio (1992), em contraste a Conferência de Estocolmo (1972), orientou-se para o desenvolvimento. Nesse mesmo sentido, o acompanhamento das duas Conferências, Habitat I (1976) e Habitat II (1996), revela a mudança de visão que houve em relação às cidades; na primeira as cidades eram vistas com uma “desgraça a ser evitada a qualquer preço” e depois de 20 anos, na segunda Conferência, houve uma inflexão nesta abordagem onde as cidades passam a ser vistas como uma “realidade que pode ser transformada para melhor”. Abandona-se

progressivamente a idéia de cidade como caos a ser evitado, para a idéia que é preciso administrar a cidade e os processos sociais que a produzem e a modificam (RIBAS, 2003).

### 1.3 A construção da gestão ambiental urbana

No início deste século, as mudanças globais que estamos experimentando - como os efeitos da mudança climática no planeta provocados pela emissão de dióxido de carbono, o efeito estufa, o desmatamento, o esgotamento de certos recursos e o aumento da população e da pobreza nos grandes centros urbanos dos países em vias de desenvolvimento - fica evidente a necessidade pela busca por novas soluções para o processo de desenvolvimento urbano, fundamentado no uso racional dos recursos naturais, para que estes possam continuar disponíveis às futuras gerações (ANDRADE, 2005).

De acordo com Dias (2002 *apud* ANDRADE, 2005), existe uma correlação entre as modificações globais e o crescimento populacional induzidos pelas práticas de uso do solo e pelas alterações causadas em sua cobertura. As mudanças de uso do solo são potencializadas quando áreas são transformadas para abrigar os aglomerados urbanos com o aumento de áreas naturais produtivas necessárias para sustentar o consumo de alimentos, além do consumo de combustíveis fósseis, água e energia e áreas para a assimilação de resíduos de atividades específicas básicas. (Fig. 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 e 1.10)



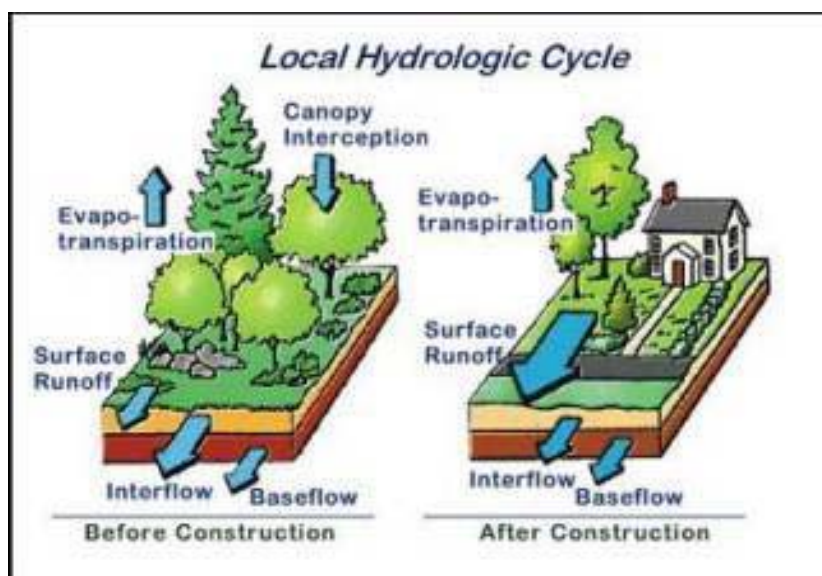
**Fig. 1.6 e 1.7** - Fotos da ocupação urbana nas proximidades da Represa Billings – São Paulo, manancial crucial para o abastecimento da maior cidade da América Latina  
Fonte: RobertoBandeira–WWF,2004 *apud* Andrade, 2005.



**Fig. 1.8** - Foto de exemplo de erosão por falta de mata ciliar na represa de Furnas, MG.  
Fonte: Moss, 2004 *apud* Andrade, 2005.



**Fig. 1.9** – Foto do Rio Araguaia perto da nascente detalhe da terra erodida por voçoroca.  
Fonte: *ibidem*.



**Fig. 1.10** - Impactos no ciclo da água após a construção em áreas urbanas  
Fonte: Maryland Department of Environment - Stormwater Manual *apud* Andrade, 2005.

A abordagem da questão ambiental para áreas urbanas no Brasil requer uma especificidade de percepção que envolve múltiplos atores e conflitos de interesses com dimensões bastante complexas. Além da problemática em si enquanto desastres possíveis, os problemas ambientais urbanos devem ser vistos sobretudo pelo critério da conflitualidade entre os atores, principalmente quando os elementos do ambiente não são incorporados nas soluções urbanísticas (ANDRADE, 2005).

Segundo Andrade (2005), a incorporação da temática ambiental na agenda governamental no âmbito do urbano implica o questionamento dos tratamentos setorializados

das políticas públicas e requer uma renovação das interfaces entre os problemas relativos aos recursos hídricos, ao saneamento, à energia, à política agrícola e industrial, ao uso do solo e à saúde pública entre outros. (Fig. 1.11, 1.12 e 1.13)

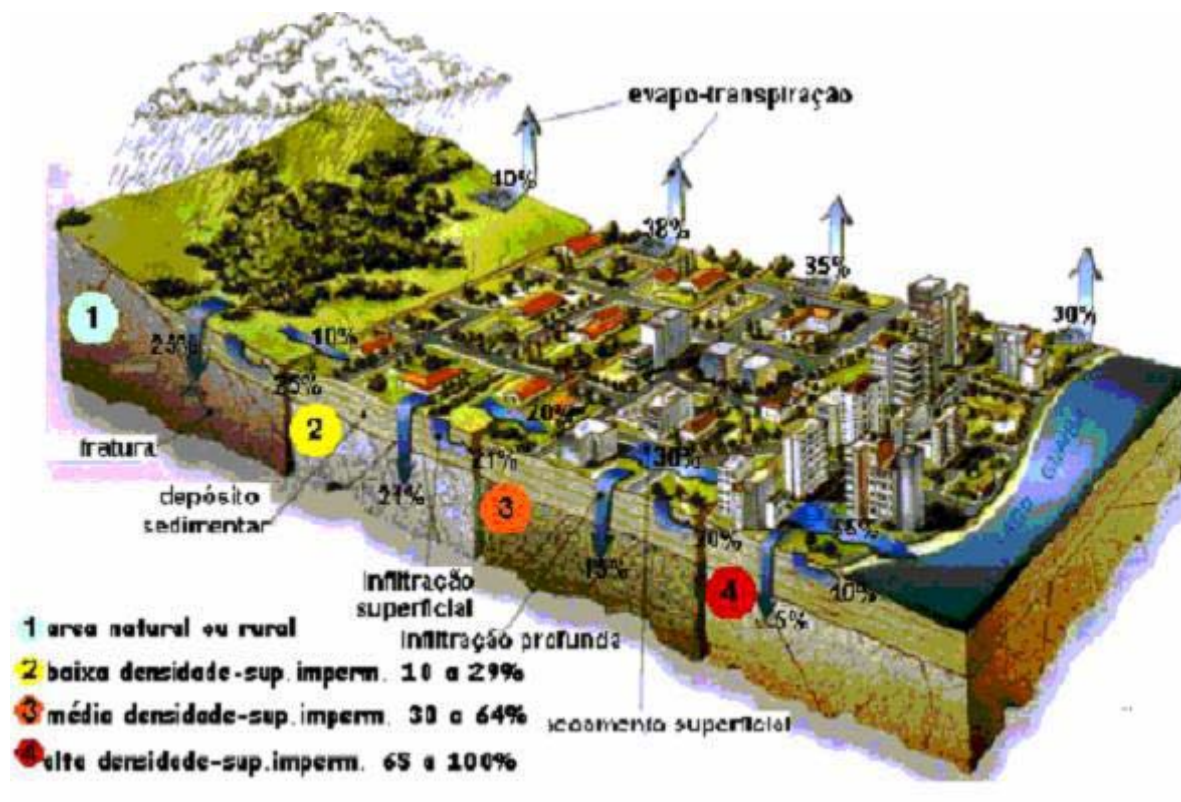


Fig. 1.11 - Destino das águas: precipitação nas diversas densidades urbanas.  
Fonte: NORIE – UFRGS, 1998, apud Mano e Schmitt, 2004



Fig. 1.12 e 1.13 – Fotos da Estação de Tratamento de Esgotos com Biossólido de Sertão do Carangola.  
Fonte: O Instituto Ambiental - acessado em 2004 apud Andrade. 2005.

A ausência de diálogo entre a questão ambiental e a urbana no Brasil talvez possa ser explicada a partir da análise do embasamento conceitual que fundamentou a construção dos marcos legais referentes a estas duas temáticas, e também na inserção brasileira no contexto econômico mundial, onde a ideologia do “crescimento” se contrapõe aos temas de preservação e conservação ambiental.

A política ambiental urbana, vigente no âmbito federal e estadual, expressa em instrumentos de comando e de controle, trabalha muito mais com o fato já ocorrido, procurando mitigar os impactos negativos, ao invés de promover e incentivar a aplicação de tecnologias apropriadas ou desenhos urbanos sustentáveis à ocupação do espaço urbano.

No âmbito da gestão ambiental urbana, as leis federais que disciplinam a proteção e o uso do meio ambiente que interessam diretamente aos planejadores e desenhistas urbanos são várias: Código Florestal (Lei 4771/65), Lei de Parcelamento Territorial Urbano (Lei 6766/79), Lei da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA (Lei 6938/81), Lei da Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei 9433/97), Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei 9985/2000) e Estatuto das Cidades (Lei 10257/01). Contudo, todas essas leis estão hierarquicamente disciplinadas pela Constituição Federal (CF), que funciona como base para todas as normas (ANDRADE, 2005).

Por sua vez, o planejamento urbano tradicional reproduz as potencialidades e restrições ao uso de ocupação do solo e não se vincula necessariamente aos condicionantes ambientais do território. É representado por planos de ordenamento territorial ou planos diretores, leis e códigos complementares de parcelamentos e de edificações e pelo Estatuto da Cidade. As políticas urbanas voltadas para as questões ambientais restringem-se às ações de saneamento por parte do poder municipal, principalmente por meio de redes de infra-estruturas e tratamentos de resíduos de forma convencional com tecnologias a custos elevados (*ibidem*).

Conforme analisa Ribas (2003), o grande desafio está em promover uma melhor integração entre a política urbana e a política ambiental e, ao mesmo tempo, promover um enfoque sistêmico na definição de princípios e instrumentos de planejamento para todos os atores envolvidos na direção de um desenvolvimento urbano sustentável.

Muitos problemas ambientais urbanos tais como a escassez de água, enchentes, deslizamentos, poluição do ar oriunda dos automóveis e indústrias, poluição dos recursos hídricos, formação de ilhas de calor e inversão térmica poderiam ser evitados se os

cientistas ambientais e os urbanistas trabalhassem conjuntamente no planejamento e desenho integrado (ANDRADE, 2005).

Neste contexto, podemos concluir que a gestão ambiental urbana brasileira ainda encontra-se em fase de consolidação, os instrumentos disponíveis no marco legal das políticas urbanas e ambientais não tem dado conta de lidar com suas especificidades sendo visível na prática da gestão territorial um conflito entre os conceitos de urbano e ambiental, como se constituíssem campos disciplinares de objetivos diversos e opostos, e não complementares como seria o cerne de uma gestão ambiental urbana.

O que tem se entendido hoje como “gestão ambiental urbana” são as questões referentes principalmente a saneamento ambiental, focados na resolução dos problemas quanto à poluição das cidades – retoma-se a pauta da infra-estrutura. Uma abordagem do ponto de vista dos instrumentos promotores dessa gestão, que subsidiem a tomada de decisão com base tanto nas questões socioeconômicas quanto nas questões físico-bióticas ainda é incipiente.

A PNMA, por meio de suas disposições, tem sido o elo entre as questões ambientais e o desenvolvimento urbano brasileiro. Uma análise da concepção e da prática destes instrumentos nos leva a concluir que o sistema de licenciamento de atividades poluidoras, juntamente com o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ecológico-econômico e a avaliação de impacto ambiental (EIA/RIMA), são instrumentos de caráter preventivo que possibilitam acompanhar o desenvolvimento econômico e social com vistas ao estabelecimento de um diálogo entre os objetivos de proteção da qualidade do meio ambiente e promoção do uso sustentável dos recursos ambientais no atendimento das demandas socioeconômicas da população. Assim, o imperativo de se implementar uma gestão ambiental nas cidades, fez com que esses instrumentos adquirissem maior destaque para a questão da gestão de áreas urbanas. (RIBAS; BEZERRA, 2003).

#### **1.4 A sustentabilidade no Estatuto da Cidade: interfaces entre instrumentos de política urbana e política ambiental**

O Estatuto da Cidade (Lei nº. 10.257/2001) constitui a legislação mais recente sobre a dimensão urbana no País, estabelecendo um marco legal para questões que se colocam como conflitantes nas áreas urbanas brasileiras. Entretanto, como seu escopo foi

estruturado na década de 1980, em pleno período de redemocratização do País, possui forte conotação social com pequena visibilidade da questão ambiental à época. Esta lei “estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental” (Parágrafo único do Art. 1º).

A Lei 10.257/2001, que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal<sup>11</sup>, estabelece que a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante 16 diretrizes gerais. Estas diretrizes como normas gerais de direito urbanístico, em especial para os Municípios, se propõem a balizar e induzir a aplicação dos instrumentos (inovadores ou já existentes) desta política regulamentados na lei.

O Estatuto foi concebido sobre três linhas principais inovadoras, são estas:

- **(I)** Instrumentos de natureza urbanística, voltados a induzir formas de uso e ocupação do solo - neste conjunto, a interação entre regulação urbana e a lógica de formação de preços no mercado imobiliário é enfrentada por meio de dispositivos que procuram coibir a retenção especulativa de terrenos e de instrumentos que consagram a separação entre o direito de propriedade e potencial construtivo dos terrenos atribuído pela legislação urbana.
- **(II)** Instrumentos que ampliam as possibilidades de regularização fundiária de posses urbanas proporcionando o direito de propriedade e a função social da propriedade na tentativa de promover justiça social - estes instrumentos tratam da regularização fundiária de áreas ocupadas e não tituladas da cidade.
- **(iii)** Instrumentos que permitem a participação da população nos processos de decisão e implementação de políticas públicas - são instrumentos como: audiências públicas, plebiscitos, referendos, estudos de impacto de vizinhança, além da obrigatoriedade de implementação de orçamentos participativos; são assim, mencionados como instrumentos que os municípios devem utilizar para ouvir, diretamente, os cidadãos em momentos de tomada de decisão sobre sua intervenção no território.

---

<sup>11</sup> Art. 182 – A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

Art. 183 – Aquele que possuir como sua área urbana de até duzentos e cinquenta metros quadrados, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, adquirir-lhe-á o domínio, desde que não seja proprietário de outro imóvel urbano ou rural.

Além de diretrizes, em conjunto à consolidação e introdução de novos instrumentos para gestão urbana, alguns instrumentos de caráter ambiental são referidos, porém, não caracterizados os processos e a obrigatoriedade de sua implementação. Estes instrumentos são: o Zoneamento ambiental (ZA) e o Estudo Prévio de Impacto Ambiental. Pertinente a estes instrumentos, o EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) é regulamentado dentro da Política Ambiental pela Resolução CONAMA nº. 001/86 e 237/97; quanto ao Zoneamento Ambiental, não dispõe de nenhuma regulamentação.

Um fator importante inserido na lei é a obrigatoriedade de englobar todo o território do município, uma perspectiva do desenvolvimento integrado. Ao ser obrigatório a inclusão de todo o território municipal, o Estatuto da Cidade faz uma avanço quanto ao gerenciamento da área rural, porém sem a previsão de instrumentos adequados a esta gestão.

A Lei promove consideráveis avanços, em especial quanto à gestão democrática, entretanto, a participação não possui o mérito de solucionar conflitos que estão presentes no seio da sociedade, como promover harmoniosamente o uso de bens coletivos e privados. A realidade que nos deparamos é o fato do ambiente urbano<sup>12</sup> ser palco dos mais variados desequilíbrios ambientais onde está em risco a saúde e o bem-estar da população que muitas vezes é a primeira a desconsiderar especificidades ambientais.

Dentre os instrumentos emanados pelo Estatuto, para implementação de uma gestão ambiental urbana, é preciso elucidar a estrutura de referência e gerenciamento dos instrumentos voltados ao processo de ordenamento territorial municipal, o Plano Diretor. Ademais, conforme argumenta Braga (2001 *apud* BOTTINI, 2005, p. 26), na condição de instrumento de gestão territorial urbana, o Plano Diretor funciona como um instrumento de gestão ambiental urbana, talvez o principal deles, sobretudo pelo fato de não haver uma tradição de política ambiental em nível municipal no Brasil.

De acordo com Bottini (2005, p. 26), como instrumento precípua para o ordenamento e gestão das cidades, através do Plano Diretor que são estabelecidas regras para o município, seja no âmbito urbano - definindo a política de desenvolvimento e expansão urbana -, seja no âmbito rural. Conforme argumenta Araújo “o fato de o plano englobar o território do Município como um todo, e não apenas as áreas urbanas, conferem a esse instrumento uma função ampla de ordenamento territorial e, por conseqüência, poderes e

---

<sup>12</sup> Segundo Moreira (*apud* MAGLIO, 2005), o conceito de ambiente urbano pode ser entendido como “a relação dos homens com o espaço construído e a natureza nas aglomerações de população e de atividades humanas”; ou conforme Mota (2003) “formado por dois sistemas intimamente inter-relacionados: o “sistema natural”, composto do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, água, etc.) e o “sistema antrópico”, consistindo do homem e de suas atividades”.

deveres para a esfera local de governo no que se referem à gestão do meio ambiente natural" (2003, p.10 *apud* BOTTINI, 2005, p. 26).

Positivamente, os planos de desenvolvimento urbano, ou planos diretores, têm recentemente inserido capítulos que tratam especificamente sobre o meio ambiente, fato que não se percebia há algumas décadas.

Destaque-se que esta inovação, na prática, tem se constituído apenas na criação de unidades de conservação e no licenciamento das atividades de parcelamento do uso do solo, com a obrigatoriedade de elaboração de estudo de impacto ambiental para atividades de ocupação do espaço urbano - parcelamentos, desmembramentos, aumento de densidade ou a instalação de grandes equipamentos comerciais - que de sorte já está previsto na Política Ambiental (RIBAS; BEZERRA, 2003, p. 41).

Porém, uma abordagem dos planos diretores que oriente a atuação do poder público levando em consideração a capacidade de suporte dos condicionantes ambientais ainda é praticamente inexistente. Este deveria visar o aprimoramento das relações entre os cidadãos e a natureza, ter objetivos e metas claras e bem consolidadas por meio das diretrizes e ações propostas preocupadas com os seres humanos e a conservação dos recursos naturais.

Com a crescente consciência da população sobre a importância do paradigma da sustentabilidade ambiental, o plano diretor amparado no Estatuto da Cidade, tende a passar por uma reconceituação compatível com sua transformação em um instrumento que apóia à sustentabilidade ambiental urbana, onde a proteção ambiental e a redução de impactos passam a ser elementos fundamentais.

### **1.5 O caso de Goiânia: harmonização entre os instrumentos de política urbana e política ambiental**

A urbanização tem requerido daqueles que têm na produção social do espaço seu objeto concreto de trabalho, novos saberes, olhares e práticas compatíveis com as demandas postas pela dinâmica sócio-espacial contemporânea, e com a necessidade de articulação das diferentes dimensões envolvidas no fenômeno urbano.

Segundo Santos e Silveira (2001 *apud* MMA, 2007), as áreas rurais que constituíam, no passado, o lugar da resistência à mudança, revelam, hoje, uma enorme capacidade de transformação, modificando-se, cada vez mais rapidamente, de acordo com o grau de integração ao mercado, tornando a acessibilidade e o acesso à informação fator fundamental na análise das transformações operadas nas formas de uso da terra nos dias atuais.

Segundo Ribas (2003, p. 1), na atualidade, é tão significativo o grau de urbanização experimentada, que ao invés da tradicional diferenciação urbano e rural, pode-se dizer que há hoje uma urbanização que inclui áreas agrícolas e áreas agrícolas que incluem áreas urbanas.

Buscando harmonização entre as questões ambientais e urbanas, a Agenda 21 Goiânia (2004) estabeleceu os objetivos e as ações a serem alcançadas com vistas à sustentabilidade sócio-ambiental para o Município. Dentre as ações previstas na Agenda 21 estão: a revisão do Plano Diretor, o Mapeamento dos Vazios Urbanos, a Revisão e o Detalhamento da Carta de Risco e Planejamento do meio Físico e a elaboração do ZEE.

A revisão do Plano Diretor de Goiânia (Lei Complementar nº. 171 de 29 de maio de 2007), fundamentado em amplo processo de participação da sociedade, contemplou as previsões da Agenda 21 Goiânia e avançou no processo de construção da Gestão Ambiental Urbana instituindo três instrumentos de planejamento e gestão territorial: **Mapeamento dos Vazios Urbanos, Carta de Risco e ZEE**. Possibilitando ainda o cumprimento das prerrogativas postas no Estatuto da Cidade quanto à gestão do território como um todo (Art. 40, §2º).

A interface entre estes três instrumentos possibilita:

- Maior agilidade na gestão territorial sustentável;
- Melhor orientação para a população;
- Melhor orientação para todos os setores da sociedade:
  - Setor financeiro;
  - Justiça;
  - Iniciativa privada;
  - Ciência e tecnologia;

- o Gestão ambiental;
- o Gestão de infra-estrutura, entre outros.

Partindo deste pressuposto, o município de Goiânia insere-se no processo com vistas à implantação de um desenvolvimento urbano integrado, onde busca compatibilizar instrumentos de gênese urbana e ambiental.

Porém, para a interface destes instrumentos promotores da gestão ambiental urbana em Goiânia, além do aporte conceitual, foi determinante o desenvolvimento de um aporte metodológico e tecnológico, utilizando como ferramenta o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A produção de informações geográficas é considerada uma atividade complexa, devido aos aspectos dos dados geográficos, que integram representações gráficas associadas com descrições, além dos aspectos dinâmicos da paisagem, da biodiversidade, do clima e da sociedade humana que interage com todos esses elementos.

O avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas, principalmente na computação, causou o desenvolvimento de uma grande quantidade de ferramentas destinadas ao processamento de dados geográficos, para a produção de informações geograficamente referenciadas, que são essenciais na tomada de decisões no processo de gestão territorial. Essas ferramentas integram programas computacionais especiais, denominados Sistemas de Informações Geográficas, que são utilizados na aquisição, gerenciamento, análise, exibição e distribuição de dados e informações geográficas. O item a seguir visa uma abordagem quanto à conceituação teórica desta ferramenta indispensável ao gerenciamento dos instrumentos de planejamento físico-territorial do município de Goiânia.

## Referências Bibliográficas – Capítulo 1

AGENDA 21 GOIÂNIA. Goiânia: Talento Gráfica e Editora, 2004. 170p.

AGENDA 21 DO ESTADO DE GOIÁS. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br>>. Acesso em: 12 outubro de 2007.

ANDRADE, Liza Maria Souza de. **Agenda Verde x Agenda Marrom: inexistência de princípios ecológicos para o desenho de assentamentos urbanos**. 2005. 206 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

BARBIERI, José Carlos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente. As estratégias de mudança da Agenda 21**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1997. p. 23-45.

BEZERRA, Maria do Carmo. **Planejamento e gestão ambiental: uma abordagem do ponto de vista dos instrumentos econômicos**. 1996. 227 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRASIL. Diretrizes Metodológicas para o Zoneamento Ecológico- Econômico do Brasil. Brasília: 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=88&idMenu=701&idConteudo=1466>. Acesso em: 02 agosto 2007.

BOTTINI, Daniela Teixeira. **O papel dos municípios na promoção da gestão ambiental**. 2005. 153 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasília, 1965.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, 1981.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br>>. Acesso em: 30 junho 2006.

BRASIL. Áreas de Proteção Ambiental. Resolução/CONAMA nº. 010, de 14 de dezembro de 1988. Brasília, 1988. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 junho 2004.

BRASIL. Critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil. Decreto nº. 4.297, de 10 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em: 13 junho 2004.

GOIÂNIA (Município). Lei Complementar nº. 31, de 29 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o uso e a ocupação do solo nas Zonas Urbanas e de Expansão Urbana do Município de Goiânia e estabelece outras providências urbanísticas. Lex: legislação municipal, Goiânia, 40p.

GOIÂNIA (Município). Lei Complementar nº. 171, de 29 de maio de 2007. Dispõe sobre o Plano Diretor e o processo de planejamento urbano do Município de Goiânia e dá outras providências. Lex: legislação municipal, Goiânia, 93p.

FARIAS, Paulo José Leite. **Água: bem jurídico econômico ou ecológico?** Brasília: Brasília Jurídica, 2005. p. 23-328.

MAGNOLI, Miranda Martinelli. Ambiente, Espaço, Paisagem. In: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. **Paisagem e ambiente: ensaios**. n.1. São Paulo: 1986. p. 57-64.

MARCONDES, Maria José de Azevedo. **Cidade e meio ambiente: revendo conceitos**. São Paulo: Studio Nobel, 1999. p. 19-58.

MCHARG, Ian. **Proyectar com la naturaleza**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2000. 197p.

MMA. **Caderno de referência. Subsídios ao debate**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília: 2006. 50p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 15 março 2008.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 356p.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2001.

RIBAS, O.; BEZERRA, M. O estatuto da cidade e a construção da sustentabilidade das cidades brasileiras. In: DISCUSSÃO SOBRE POLÍTICAS AMBIENTAIS E URBANAS, 53p., 2003, OAB, Brasília

SANCEVERO-BATISTELA, Tatiana. **O Zoneamento Ambiental e o desafio da construção da Gestão Ambiental Urbana**. 2007. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

## 2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

O geoprocessamento é um conjunto de tecnologias direcionadas para a coleta e o tratamento das informações espaciais. Ele disponibiliza ferramentas, recursos e dados para que analistas possam determinar a evolução temporal e espacial de um determinado fenômeno geográfico e sua inter-relação com outros. Sendo uma tecnologia interdisciplinar, qualquer especialista pode se valer dele em benefício de seu trabalho ou pesquisa. Entretanto, para utilizá-lo, é preciso que os conceitos das disciplinas sejam transformados em representações computacionais. Essas ferramentas computacionais são denominadas Sistemas de Informações Geográficas (ou mais comumente, SIG) e permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Utilizando instrumentos como imagens de satélite, fotografias aéreas, mapas, banco de dados e aplicativos específicos, o geoprocessamento possibilita a geração de análises e informações necessárias para a tomada de decisão rápida e eficaz, constituindo-se, portanto em um importante instrumento no planejamento de ações na área ambiental. Qualquer setor que trabalhe com informações que possam ser relacionadas a uma localização no território pode, em princípio, valer-se das ferramentas de geoprocessamento.

O geoprocessamento é uma ferramenta de grande utilidade para a conservação da biodiversidade, pois possibilita a coleta de dados espaciais relevantes para diversos estudos, como dados temáticos e de distribuição de espécies, permitindo análises mais detalhadas, como a identificação de áreas prioritárias para a conservação, delimitação de corredores de biodiversidade, base para sistemas de suporte à decisão.

Na análise ambiental, o geoprocessamento é uma das ferramentas mais utilizadas para monitoramento, por exemplo, da cobertura vegetal e uso das terras, níveis de erosão do solo, poluição da água e do ar, disposição irregular de resíduos, etc. Da mesma maneira, ele pode ser usado em análises de qualidade de habitat e fragmentação.

Finalmente, o geoprocessamento também é útil para a definição de políticas e diretrizes na gestão governamental. Ao identificar com precisão as áreas afetadas por determinada decisão, o governo pode planejar melhor o impacto de suas ações. Da mesma

forma, através do registro de solicitações e análises e o livre acesso à base cartográfica, pode-se estreitar as relações do governo com os cidadãos.<sup>13</sup>.

## 2.1 Um breve histórico

Originalmente o conceito de SIG (Sistema de Informações Geográficas) foi desenvolvido nos anos 60, com o objetivo de sobrepor e combinar diversos tipos de dados em um mesmo mapa. Fazia parte de um programa governamental do Canadá, para inventariar os recursos naturais do País. Na época, pela precariedade dos recursos computacionais, o custo do sistema era excessivamente alto. Exigia mão de obra extremamente especializada e, como não existiam alternativas comerciais prontas para uso, obrigava os interessados a desenvolver seus próprios programas. A capacidade de armazenar e processar as informações era muito baixa.

Com o avanço dos recursos de hardware, no decorrer da década de 70, e a conseqüente possibilidade de se desenvolver soluções comerciais, apareceu pela primeira vez a expressão Geographic Information System (GIS). Paralelamente, começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (Computer Aided Design), que melhoraram em muito as condições para a produção de desenhos e plantas para Engenharia, e serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Os primeiros fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo os problemas da Geometria Computacional, são dessa fase. Os computadores dessa época eram de grande porte e só grandes instituições tinham condição de acessar essa tecnologia.

A década de 80, com o grande avanço na microinformática e o conseqüente barateamento das estações de trabalho gráficas, e ainda o surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, foi marcada pela massificação da tecnologia de SIG que tomou um grande impulso e entrou num período de aceleração que dura até hoje. Nos anos 90, observou-se um crescimento do ritmo de penetração do GIS nas organizações, sempre alavancado pelos custos decrescentes do hardware e do software, e também pelo surgimento de alternativas de menor custo para a construção de bases de dados geográficos.

---

<sup>13</sup> Disponível em: [http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/meio\\_ambiente\\_brasil/lep/textos/geo/index.cfm](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/meio_ambiente_brasil/lep/textos/geo/index.cfm). Acesso em: 26 de julho de 2008.

Câmara (2001) relata que no Brasil, os primeiros esforços para divulgar e criar massa crítica com o objetivo de desenvolver a tecnologia de SIG foram feitos com muito empenho pelo professor Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 80. A vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o Canadian Geographical Information System), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver essa tecnologia, entre os quais podem ser citados:

- UFRJ: O grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, sob a orientação do professor Jorge Xavier, desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental). O SAGA tem seu forte na capacidade de análise geográfica e vem sendo utilizado com sucesso como veículo de estudos e pesquisas.
- MaxiDATA: os então responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevanteamento AeroSul criaram, em meados dos anos 80, um sistema para automatização de processos cartográficos. Constituíram a empresa MaxiDATA e lançaram o MaxiCAD, software largamente utilizado no Brasil, principalmente em aplicações de Mapeamento por Computador. Posteriormente, o produto dbMapa permitiu a junção de bancos de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução para "desktop mapping" utilizada em aplicações cadastrais.
- CPqD/TELEBRÁS: O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS iniciou, em 1990, o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa), uma extensiva aplicação de Geoprocessamento no setor de telefonia. Construído com base no ambiente de um SIG (VISION) com um banco de dados cliente-servidor (ORACLE), o SAGRE envolve um significativo desenvolvimento e personalização de software.
- INPE: Em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens - DPI). De 1984 a 1990, a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SIG (Sistema de Informações Geográficas), para ambiente PC/DOS, e, a partir de 1991, o SPRING (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes UNIX e MS/Windows.

## 2.2 Definições

Vários autores propõem definições para tecnologia SIG, segundo os seus pontos de vista. A seguir estão relacionadas algumas das definições encontradas na literatura especializada e citadas por Paredes (1994):

“... conjunto automático de funções que provê aos profissionais especializados o armazenamento, a recuperação, manipulação e reprodução gráfica de dados localizados geograficamente” (OZEMOY, 1981).

“... conjunto de ferramentas para a coleta, o armazenamento, a recuperação, transformação e reprodução gráfica dos dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de finalidades. Este conjunto de ferramentas constitui um SIG ” (CLARKE, 1986).

“Conjunto poderoso de ferramentas para recolhimento, armazenamento, transformação e visualização de dados espaciais do mundo real” (BURROUGH, 1986).

“Sistema de bases de dados em que a maior parte dos dados estão indexados espacialmente e sobre os quais se pode operar um conjunto de procedimentos para responder a questões sobre as entidades espaciais” (SMITH *et al*, 1987).

“Sistema de apoio à decisão que integra dados referidos espacialmente num ambiente de resolução de problemas” (COWEN, 1988).

“Sistema computacional para recolher, verificar, integrar e analisar informação relacionada com a superfície da Terra” (RHIND, 1988).

“Conjunto de procedimentos manuais ou computacionais usados para guardar e manipular dados referidos geograficamente” (ARONOFF, 1989).

“... os SIGs são sistemas ou ferramentas assistidas por computador para captura, armazenamento, transformação, análise e reprodução gráfica de dados espaciais ” (STAR & ESTES, 1990).

“Em sentido restrito trata-se de um conjunto de programas residentes num computador que permite introduzir, acessar, manipular e visualizar informação georreferenciadas” (HENRIQUES, 1990).

“ Uma tecnologia de informação que armazena, analisa e mostra dados espaciais e/ou não-espaciais. Entendendo-se por tecnologia, o conjunto de métodos e materiais usados para alcançar um objetivo comum ” (GOODCHILD; MAGUIRE; RHIND, 1991).

“Os SIG são instrumentos ao serviço da gestão dos recursos naturais e do ordenamento que permitem dispor, em qualquer momento, de um conjunto integrado de dados multi-sectoriais de origens diferentes, facilmente atualizáveis e relacionáveis entre si, através de um referencial comum - um mesmo espaço geográfico” (DGOT).

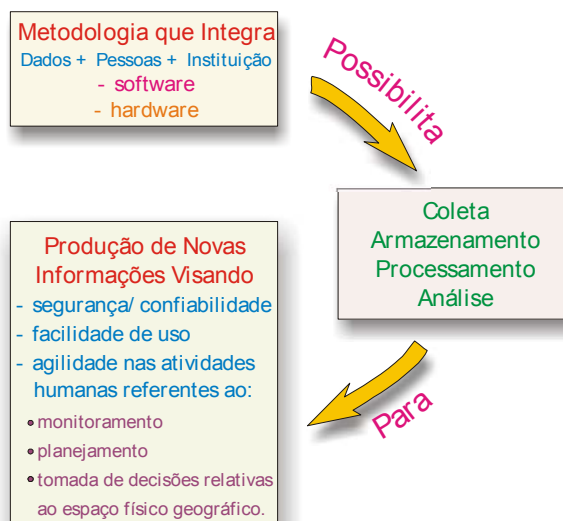
Segundo Câmara (2001), o termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferecem ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum: a localização geográfica.

O mesmo autor argumenta ainda que as diversas definições existentes mostram a multiplicidade de usos e visões possíveis dessa tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. Ainda é possível indicar as principais características de SIGs a partir desses conceitos:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e imprimir o conteúdo da base de dados georreferenciados.

É comum encontrar indivíduos que imaginam que um SIG pode ser comprado em lojas especializadas, assim como se adquire um editor de textos ou uma planilha eletrônica. No entanto, o viés computacional é apenas uma faceta. Na verdade a concepção de um SIG é mais complexa e envolve não só o *software* gerenciador, mas também a base de dados, os métodos e procedimentos para manutenção e administração do próprio sistema e, principalmente, o corpo técnico especializado. Em outras palavras, de forma bastante simplificada, um SIG é composto por três elementos distintos e igualmente importantes: o conjunto *software/hardware*; a base de dados (gráfica e alfanumérica); e a equipe técnica que é responsável pela manutenção e administração do sistema (instituição).

A Figura 2.1, adaptada de <http://www.fatorgis.com.br>, mostra de modo esquemático, as características principais de um SIG, mencionadas anteriormente.



**Fig. 2.1** – Visão esquemática da tecnologia de SIG.  
 Fonte: <http://www.fatorgis.com.br>

Outro aspecto importante da tecnologia de SIG reside no fato de que cada problema exige uma solução específica. Não existe uma solução de SIG genérica o suficiente, que se ajuste às necessidades de qualquer usuário. É necessário o equacionamento das questões que se pretende abordar para, em seguida, parametrizar a base de dados. Em outras palavras, um SIG concebido para auxiliar no planejamento urbano não serve para apoiar um projeto arqueológico, e vice-versa.

### 2.3 Componentes de um SIG

Segundo Câmara (2001), numa visão bastante abrangente, um SIG tem os seguintes componentes:

- interface com usuário;
- entrada e integração de dados;
- funções de consulta e análise espacial;
- visualização e impressão;
- armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, a gerência de bancos de dados geográficos deve oferecer o armazenamento e a recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

De uma forma geral, as funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho no computador, denominada de memória principal. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento é feita por mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados. Pode-se, por exemplo, solicitar que o sistema recupere dados relativos à cidade de São Paulo. Neste caso, a restrição se estabelece em função da região de interesse. Por outro lado, pode-se solicitar dados relativos às cidades do Estado de São Paulo com mais de 100.000 habitantes. A restrição agora se estabelece por dados não espaciais. Finalmente, pode-se solicitar dados relativos aos postos de saúde que estão distantes em, no máximo, 5 km de um hospital. A restrição se dá então por critérios espaciais.

A Figura 2.2 adaptada de Câmara (2001) mostra de forma esquemática a arquitetura genérica dos SIGs.

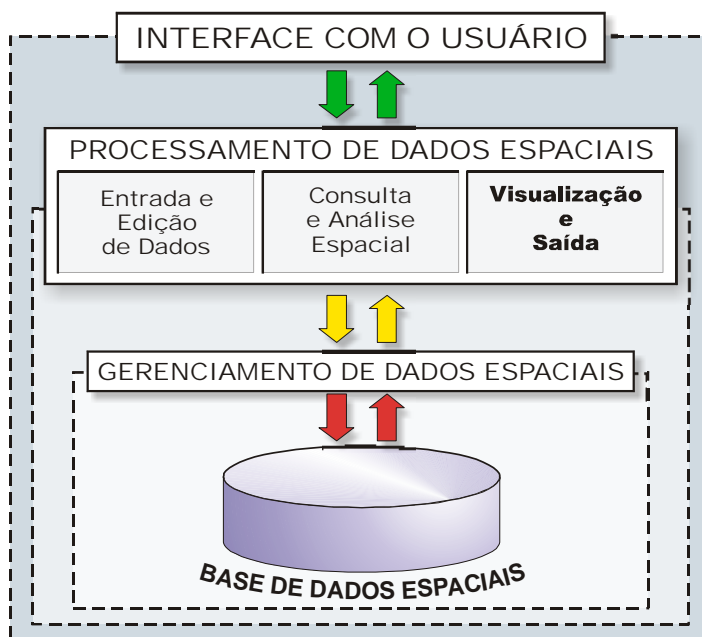


Fig. 2.2 – Arquitetura genérica dos Sig  
 Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

### 2.3.1 As várias concepções de SIG (arquitetura)

Os primeiros SIGs foram projetados para resolver um conjunto específico de problemas, tendo evoluído posteriormente para uma ferramenta mais abrangente. Essa vocação inicial, embora não limite sua amplitude de aplicações, acabou por gerar pontos fortes e fracos, dependendo da idealização inicial e das implementações agregadas ao longo do tempo. Essa variedade de arquiteturas, com certeza, tem influência sobre aspectos relativos ao desempenho que está diretamente ligado à capacidade de gerenciamento de grandes bases de dados, à utilização simultânea do sistema por mais de um usuário e à integração com outros sistemas.

A partir dessas diferenças conceituais é possível, segundo Câmara (2001), se estabelecer categorias nas quais, com algumas alterações ou maior detalhamento, praticamente qualquer *software* comercial se insere. Deste modo, pode-se dividi-los nas seguintes categorias:

- SIG tradicional;
- Arquitetura dual;
- SIG baseado em CAD;
- SIG relacional;
- SIG orientado a objetos;
- Desktop mapping;
- SIG baseado em imagens;
- SIG integrado (imagens-vetores).

Segundo o mesmo autor, as cinco primeiras categorias referem-se especificamente a SIGs baseados em vetores, e isto se deve ao fato de que existem muitas variações para a filosofia básica de armazenamento e utilização de vetores. Isto é evidente, principalmente, nas primeiras categorias, enquanto o gerenciamento e processamento de imagens são mais uniformes entre as demais aplicações comerciais. Essa categorização está perdendo a nitidez na medida em que os *softwares* comerciais evoluem e os sistemas ficam cada vez mais complexos. Atualmente, a evolução está centrada na utilização dessa tecnologia via internet e na busca de uma arquitetura básica para o que se chama de SIGs interoperáveis.

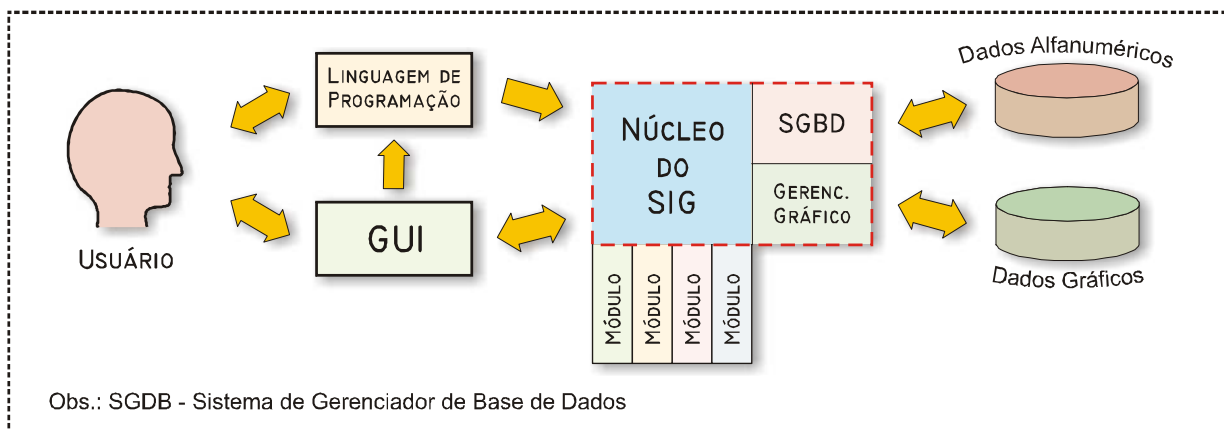
### 2.3.1.1 SIG tradicional

Nos primeiros SIGs, o que se buscava era a integração dos dados gráficos e os alfanuméricos num único ambiente computacional. Por essa razão os projetos baseados nessa filosofia são classificados como tradicionais. Nesse tipo de arquitetura o usuário interage através de uma interface gráfica – GUI (*Graphical User Interface*) ou de uma linguagem de programação. Normalmente, essa linguagem é composta apenas por macro-comandos e, por essa razão, bastante simples. Assim, a linguagem de programação pode funcionar também como uma interface do tipo linha de comando, em que o usuário pode digitar os comandos interativamente. Existe também a possibilidade da personalização da GUI, de modo a incluir macro-comandos ou seqüências de comandos desenvolvidos pelo usuário.

Neste tipo de arquitetura os gerenciamentos da base de dados alfanumérica e gráfica são feitos separadamente. A base gráfica é do tipo proprietária, não se tendo condições de acessá-la diretamente, pois os dados estão armazenados em formato binário (linguagem interna de computador). Neste caso, somente os técnicos de desenvolvimento tem acesso aos códigos fontes. Essa atitude é deliberada e tem o objetivo de garantir o segredo comercial. Os dados alfanuméricos também estão em bases de dados proprietárias, mas geralmente, em forma de tabelas, não sendo complicado interpretar o seu conteúdo. Neste tipo de concepção, as funções de SIG podem estar todas contidas no núcleo de processamento, numa solução dita monolítica. Por questões relativas a futuras implementações no produto, o normal é que estas funções estejam separadas em módulos. Cabe ao núcleo central implementar a funcionalidade básica e o gerenciamento dos dados.

Esta solução permite que os módulos sejam comercializados separadamente o que reduz significativamente o custo na aquisição, pois o próprio usuário monta o seu ambiente de trabalho, adquirindo os módulos necessários à solução de seu problema.

A Figura 2.3 ilustra de forma esquemática um SIG concebido de forma tradicional.



**Fig. 2.3** – Representação esquemática de um SIG tradicional.  
Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

As principais características desse tipo de solução são as seguintes:

- gerenciamento em separado de dados gráficos e alfanuméricos;
- armazenamento de dados gráficos em estruturas proprietárias;
- armazenamento de dados alfanuméricos em banco de dados geralmente proprietário, integrado ao produto (nem sempre relacional);

Um exemplo de um *software* desenvolvido com essa proposta é o ARC/INFO (básico).

### 2.3.1.2 Arquitetura dual

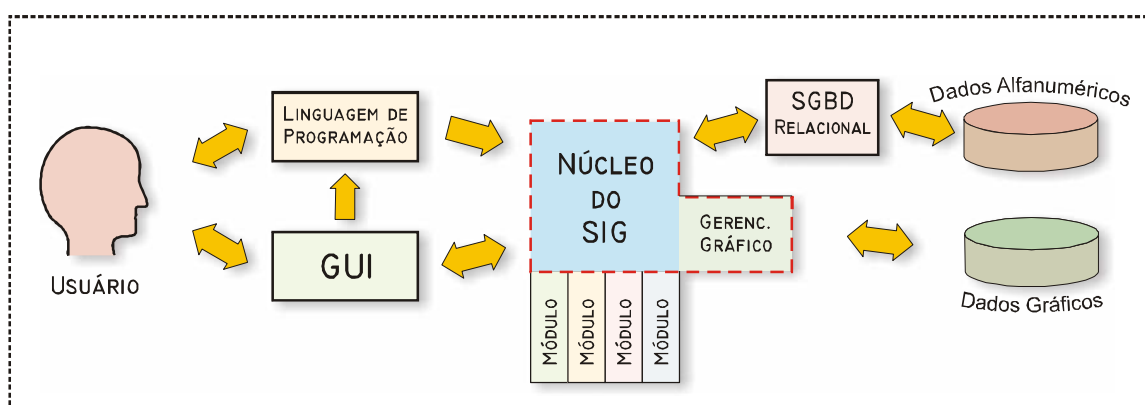
Na arquitetura tipo dual, cuja representação gráfica se encontra na Figura 2.4, o SGBD (Sistema Gerenciador de Base de Dados) é um sistema relacional completo que administra diretamente os dados alfanuméricos, realizando parte das tarefas do SIG. É um banco de dados relacional comum, como o Access da Microsoft, por exemplo, entre outros.

Em termos conceituais pouco muda em relação ao tipo anterior, apenas aumenta a facilidade em se desenvolver o núcleo. Contudo, como o SIG e o SGBD são produtos diferentes, a integração é feita pelo núcleo e está restrita apenas às ações normais de banco de dados (inserção, exclusão e consultas). Este tipo de arquitetura é vantajoso por apresentar a alternativa de se ter aplicações convencionais concebidas e desenvolvidas dentro do ambiente do SGBD relacional, compartilhando os atributos alfanuméricos dos objetos geográficos. Porém, a solução é frágil no aspecto da integridade dos dados. Como a

base gráfica e a alfanumérica são separadas, é possível que se exclua um registro alfanumérico que compõe um conjunto de atributos para uma determinada entidade geográfica, sem que o SIG tenha controle sobre isso. Deste modo, a informação passa a ser inconsistente.

Assim, segundo Câmara (2001), o acesso a atributos alfanuméricos de dados geográficos só pode ser feito de maneira criteriosa, dentro de controles rígidos que precisam ser implementados pela aplicação, uma vez que o *software* básico (SIG e SGBD relacional) não oferece qualquer recurso para a garantia automática da integridade dos dados. Este tipo de problema não ocorre na solução anterior porque o acesso aos dados gráficos e alfanuméricos é feito pelo núcleo do SIG. O ambiente, neste caso, é mais controlado.

A principal característica desta arquitetura é o fato de utilizar uma estrutura de banco de dados alfanumérico externo, tipicamente relacional e padrão no mercado. Um exemplo de sistema nesta arquitetura é o Genasys.



**Fig. 2.4** – Representação esquemática da Arquitetura dual.  
Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

### 2.3.1.3 SIG baseado em CAD

Este tipo de arquitetura integra os sistemas CAD (*Computer Aided Design*) com os SGBD relacionais padrão de mercado (Figura 2.5). Esta concepção procura aproveitar o que existe de melhor nos dois produtos disponíveis, cabendo ao núcleo do SIG a integração entre os dois, além da implementação de algumas funções geográficas. As funções geográficas mais específicas são oferecidas em módulos à parte. A comunicação é feita

através de uma interface gráfica semelhante às do sistema CAD, tornando-a mais familiar para os usuários que tem alguma experiência com a ferramenta CAD. Não se tem uma linguagem de programação específica e sim, em alguns casos, uma macro-linguagem capaz de formular seqüências de comandos disponíveis no ambiente do SIG.

Esta arquitetura apresenta a mesma fragilidade da anterior, ou seja, torna os dados inconsistentes. A fragilidade dessa arquitetura reside no fato de ser possível acessar, tanto os dados gráficos como os alfanuméricos, diretamente pelo sistema CAD e pela SGBD respectivamente, e alterar as bases de dados de forma independente. A consistência só é garantida se os dados forem acessados pelo núcleo do SIG.

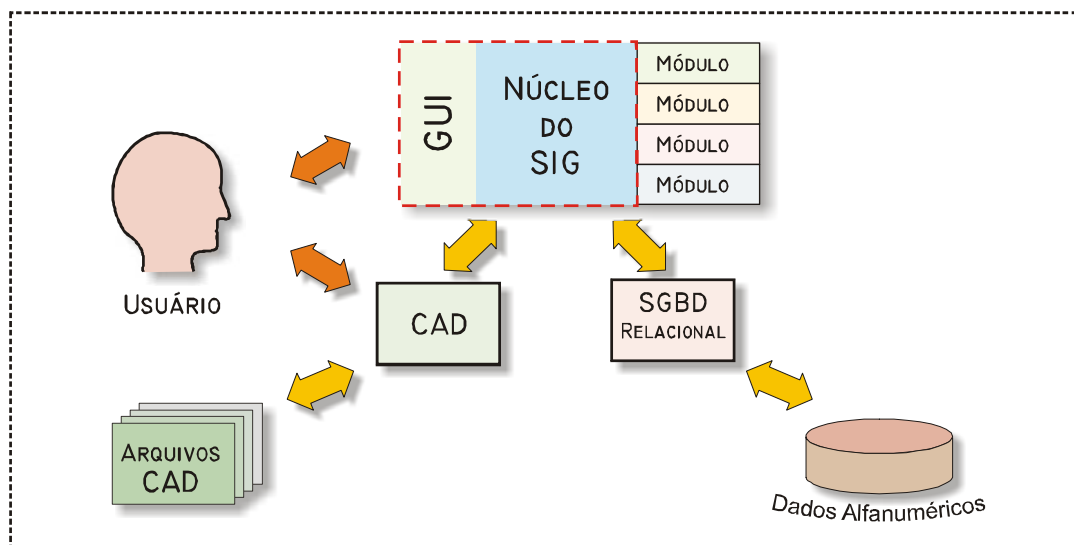
Um outro problema desta arquitetura está na utilização das estruturas do arquivo CAD para armazenar os dados gráficos, visto que ela é baseada em armazenamento seqüencial, não havendo meios de se fazer uma indexação espacial. Isto limita o tamanho dos arquivos gráficos, pois o tamanho está relacionado diretamente ao custo computacional para se acessar os dados. Para contornar esse problema é necessário fracionar a base gráfica em diversos arquivos e compor manualmente arquivos auxiliares para ajudar no processo de seleção dos arquivos que serão utilizados na tela. Este custo operacional é muito alto em grandes bases de dados.

A vantagem dessa solução está na facilidade de se editar a base gráfica, através dos recursos do CAD, o que possibilita controlar o volume de dados que será manipulado de uma única vez pelo SIG.

As principais características dos SIG baseado em CAD são as seguintes:

- gerenciamento de dados gráficos feito por um pacote de CAD, geralmente externo ao SIG;
- gerenciamento de dados alfanuméricos feito por um gerenciador de bancos de dados relacional, geralmente padrão de mercado, externo ao SIG;
- possibilidade de manipulação direta dos arquivos gráficos utilizando o sistema CAD “por fora” do SIG.

Podem ser citados: o MGE/MicroStation, o AutoCAD Map e o dBMapa, como exemplos dessa arquitetura.



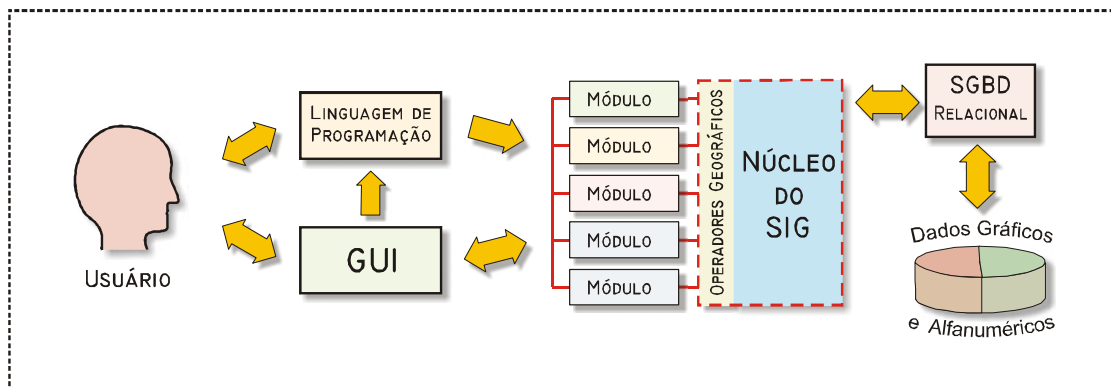
**Fig. 2.5** – Representação gráfica de SIG baseado em CAD.  
 Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

#### 2.3.1.4 SIG relacional

Esta proposta surgiu como uma forma de contornar os problemas anteriores, principalmente no que tange à integridade dos dados. Pensou-se também no acesso simultâneo de vários usuários (controle de concorrência). Nesta estrutura, os dados gráficos são organizados em tabelas, de forma semelhante aos dados alfanuméricos. A integridade é garantida pelo SGBDR (Sistema Gerenciador de Base de Dados Relacional), que através de um sistema de chaves (campos de indexação específicos nas tabelas) relaciona as tabelas gráficas com as alfanuméricas, além de ser responsável por toda a manipulação das bases de dados. A Figura 2.6 mostra de forma esquemática esse tipo de solução.

Para realizar as consultas e operações mais freqüentes é necessária a implementação de algumas rotinas no núcleo do SIG para que este possa fazer a tradução para operações previamente existentes na SGBD original. Uma das rotinas necessária é a que cria a indexação espacial, providência que otimiza o acesso aos dados gráficos. Outra rotina importante que deve ser implementada é a que introduz na linguagem de consulta SQL (*Structured Query Language*), operadores geográficos como “contém”, “contido em”, ou “vizinho a”. Segundo Câmara (2001) essa tarefa está se tornando mais fácil, na medida em que alguns desenvolvedores de SGBDR, como a Oracle e a Informix, estão incorporando facilidades geográficas em seus produtos. Segundo ele, existem produtos mais avançados

como o Postgres, que permitem a implementação de novas estruturas de indexação e novos métodos de acesso, o que favorece a implementação de SIGs relacionais.



**Fig. 2.6** – SIG relacional  
Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

O Vision\*GIS é um produto baseado nesta arquitetura, que tem como principais características os seguintes elementos:

- dados gráficos e alfanuméricos armazenados de forma integrada no banco de dados relacional, externo ao SIG;
- implementação de recursos de geoprocessamento (operadores espaciais, ferramentas de análise, etc.) apoiadas no gerenciador relacional, e apresentadas como extensões ou complementações ao modelo relacional;
- grande robustez de implementação, devido às garantias de integridade do esquema relacional;
- grande estabilidade, devido ao avançado grau de desenvolvimento dos SGBD relacionais.

### 2.3.1.5 SIG orientado a objetivo

Nesta concepção (Figura 2.7), semelhante à anterior, é introduzido o conceito de objeto. Entende-se por objeto uma entidade que possui características gráficas, alfanuméricas e “comportamento” próprios. Nesta tecnologia o SIG é construído na

concepção cliente servidor, onde os dados ficam baseados num computador e gerenciados pelo núcleo servidor. O usuário acessa a base de dados através do núcleo cliente. Esse acesso pode se dar de forma remota a partir de um outro computador, ligado ao primeiro, através de uma estrutura de rede.

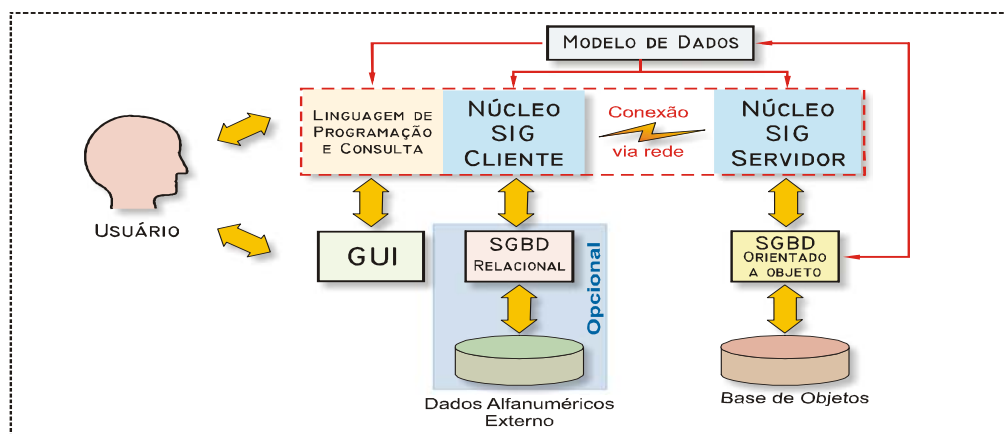
É possível a conexão com um SGBDR externo, fazendo uma ligação entre os objetos da base do SIG e os dados mantidos na outra base. A integridade pode ficar comprometida se o acesso for feito de forma exclusiva ou no SIG ou no SGBDR, como ocorre no SIG relacional.

A linguagem de programação nesta arquitetura geralmente é mais completa, dotada de todos os recursos necessários para fazer uso das vantagens de um modelo orientado a objeto, além de possibilitar a construção ou customização da interface gráfica. Para usuários experientes é possível também utilizá-la como uma interface de linha de comandos.

A utilização do conceito de objeto torna a arquitetura mais aberta, uma vez que as iniciativas no sentido de se estabelecer padrões de interoperabilidade são baseadas na padronização de objetos. Contudo Câmara (2001) argumenta que já foi demonstrado que é possível fazer o mesmo em relação a banco de dados relacionais.

As principais características nesta arquitetura, que tem o APIC e Smallworld como exemplos, são as seguintes:

- presença marcante de módulo de modelagem de dados, que dará personalidade às aplicações;
- possibilidade de conexão com gerenciador de bancos de dados relacional externo, mas a ênfase é no gerenciador de objetos, que geralmente é proprietário;
- tendência a um maior apoio em padrões, sistemas abertos e filosofia cliente-servidor.



**Fig. 2.7** – SIG baseado em objetos.  
Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

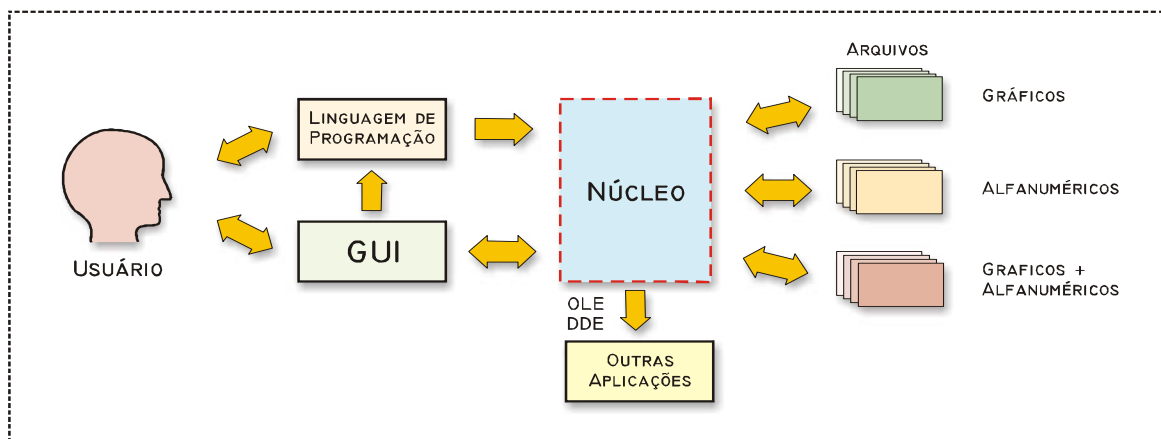
### 2.3.1.6 Desktop mapping

Este tipo de solução procura facilitar as atividades de apresentação das informações sob formato de mapa, para o usuário final, que precisa elaborar um relatório ou fazer uma análise rápida. Normalmente de concepção simples, não tem a capacidade de gerenciar grande volume de dados, utilizando diretamente os arquivos gráficos e alfanuméricos de outros aplicativos, como: AutoCad, Excell, Acess, Dbase, entre outros. Desenvolvidos em ambiente windows, esses programas de custo relativamente baixo, têm incorporado tantas funções, inclusive indexação espacial, que segundo Câmara (2001), alguns estão se intitulando de desktop SIG.

A interface com o usuário é feita através de uma linguagem bastante simples, do tipo Visual Basic, que permite a criação de alguns tipos de funções e aplicações limitadas.

O relacionamento com outros aplicativos geralmente é conseguido com a utilização dos recursos mais comuns do Windows, como: OLE (Object Linking and Embedding), DDE (Dynamic Data Exchange) e ODBC (Open Database Conectivity) que são comandos do tipo copiar (Ctrl C) e colar (Ctrl V).

A arquitetura dessa classe de aplicativos pode ser vista na Figura 2.8.



**Fig. 2.8** – Arquitetura das soluções *desktop mapping*.  
 Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

As principais características dessa solução, que tem o MapInfo e o Maptitude como seus representantes, são as seguintes:

- geralmente baseada em micro, em ambiente Windows, concentra esforços em uma boa interface de usuário e em recursos para produção de mapas para apresentação;
- funciona utilizando arquivos externos, desestruturados e independentes;
- não possui um forte gerenciador de informações gráficas ou alfanuméricas, mas pode, em geral, comunicar-se com gerenciadores existentes.

### 2.3.1.7 SIG baseado em imagens

Câmara (2001) afirma que “esta é uma classe de aplicações em que o verdadeiro ‘banco de dados’ está na imagem e seus atributos. Assim, não existe um SGBD propriamente dito, apenas um conjunto de arquivos de imagem, codificados de maneira conveniente, tanto em termos de ocupação de espaço em disco, quanto em termos de facilidades de recuperação”.

Um arquivo do tipo imagem é formado por uma matriz de pontos (linhas e colunas), onde cada um deles pode assumir uma tonalidade diferente, variando do branco até o preto. A visualização desse conjunto de pontos é que dá a idéia de continuidade nas diversas feições da imagem. Deste modo, não é possível associar as informações alfanuméricas

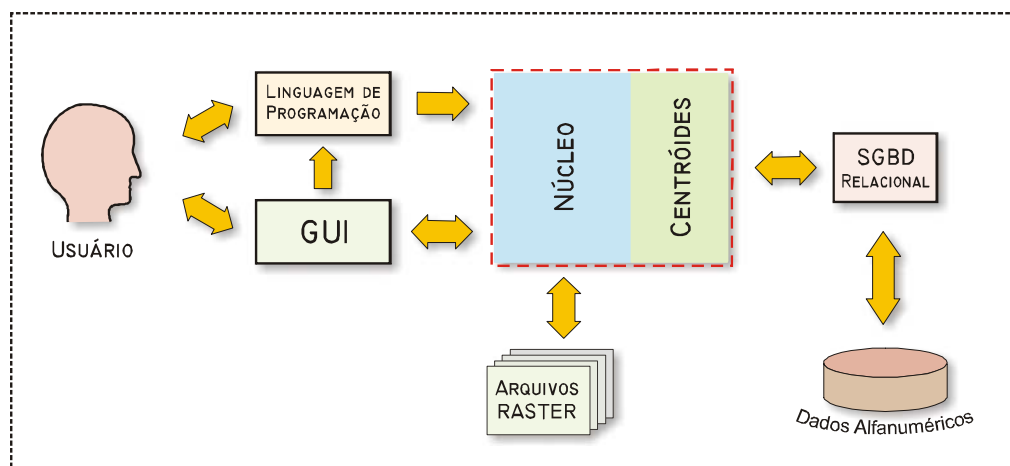
diretamente, já que as diversas feições, são formadas por um conjunto de pontos independentes. A solução usual é criar objetos vetoriais do tipo áreas, linhas e pontos, demarcando as feições, que podem ou não aparecer sobrepostos à imagem. A ligação do arquivo alfanumérico é feita através de centróides – referências gráficas que estabelecem a ligação entre os arquivos imagem e alfanumérico. Em outras palavras, centróides são pontos no arquivo vetorial que servem como endereços para que se possa associar os dados alfanuméricos à feição.

Estes sistemas possuem interface gráfica para comunicação com o núcleo do SIG e, podem ou não, dispor de uma linguagem de programação. O ponto forte nesta concepção, está no processamento digital das imagens.

Suas principais características são:

- informações gráficas geralmente armazenadas como arquivos independentes, devido aos grandes volumes;
- comunicação com um banco de dados relacional externo por meio de “vetores” que são definidos sobre a imagem.

O SPANS, IDRISI e ERDAS são exemplos dessa arquitetura que pode ser observada na Figura 2.9.



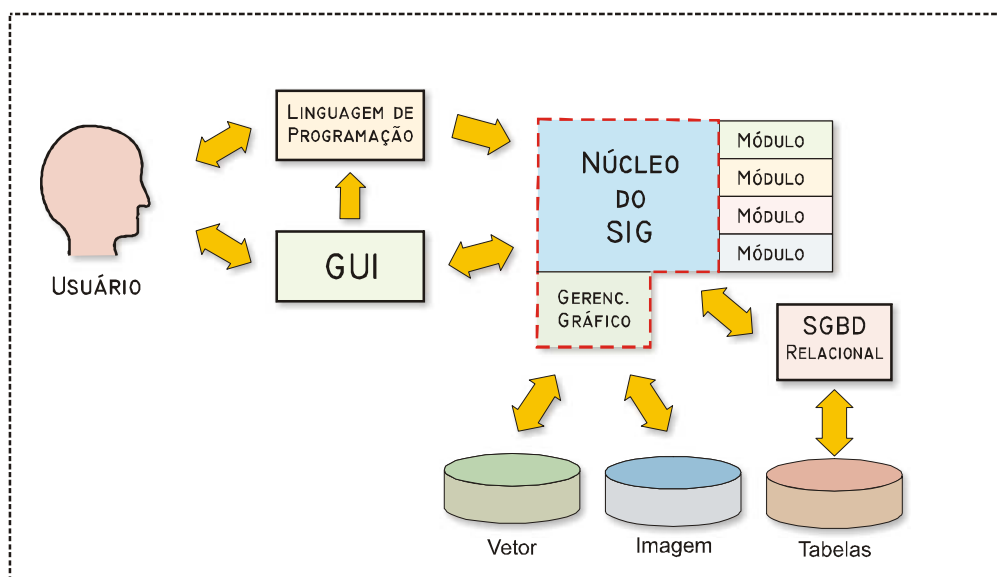
**Fig. 2.9** – Arquitetura de SIG baseado em imagens.  
 Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

### 2.3.1.8 SIG integrado (matrizes – vetores)

Com o aumento das preocupações relativas às questões ambientais, a integração entre dados matriciais (imagens), vetoriais e alfanuméricos tornou-se crucial, pela facilidade que essa ferramenta proporciona nas análises e nas tomadas de decisão. Ocorre que o tamanho dos arquivos matriciais exige muito espaço de armazenamento e os SGBDs do mercado ainda não possuem suporte para tratar eficientemente este tipo de arquivo. Assim, a solução adotada tem sido a da arquitetura dual adaptada para incluir o gerenciamento dos arquivos matriciais (Figura 2.10). Os programas SPRING e ARC/VIEW (com extensões *Spatial Analyst* e *Image Extension*) são representantes dessa categoria de SIG.

Suas principais características são:

- gerenciamento em separado de dados gráficos e tabelas;
- armazenamento de gráficos em estruturas proprietárias;
- armazenamento de dados alfanuméricos em banco de dados relacional;
- capacidade de processar dados vetoriais, grades e imagens.



**Fig. 2.10** – Arquitetura de SIG integrado.  
Fonte: adaptada de Câmara, 2001.

### 2.3.1.9 Acesso de dados via Internet

A crescente expansão da rede Internet e a conseqüente demanda por informações, estão levando as linhas de pesquisa da área do geoprocessamento a procurar soluções de como disponibilizar dados geográficos na rede, embora ainda apresentem problemas em sua execução.

Uma das soluções bastante utilizada é aquela onde o usuário se comunica através de um *browser* (programa de navegação na Internet, tipo Windows Explorer, Netscape, p.ex.) com um servidor de Internet (computador onde os dados do SIG estão armazenados) para solicitar informações de uma região de interesse. Após o preenchimento de um formulário onde são especificados quais os tipo de dados que se deseja, é gerado o mapa em formato imagem, que é transmitido em uma página do tipo *web*, criada instantaneamente. Este tipo de solução apresenta alguns inconvenientes, como: a transmissão da imagem via rede, o que pode ser demorado além de sobrecarregar a rede; a falta de interatividade entre o usuário e o mapa apresentado, já que este é um produto estático; e, a sobrecarga do servidor que precisa construir o mapa através dos dados, geralmente vetoriais, e transmiti-lo ao usuário. Toda operação simples, como a aproximação de um detalhe no mapa (zoom), obriga a geração de um novo mapa.

Outra solução é aquela onde o usuário, ao invés de preencher um formulário, tem acesso a um mapa índice. Nesta alternativa o usuário solicita a informação diretamente sobre o mapa com o auxílio do mouse, contudo os problemas de transmissão dos dados continuam os mesmos.

Câmara (2001) comenta que a transmissão de objetos geográficos em formato vetorial é mais interessante por possibilitar ao usuário uma interatividade maior, decidindo não só a região, mas também quais camadas de informações ativar. Esta alternativa apresenta um problema com relação aos *browser* atuais, que não estão preparados para a transmissão desse tipo de dado. Então os desenvolvedores estão utilizando duas soluções:

- disponibilizar um *plug-in*– programa a ser instalado no computador do usuário, que trabalha associado ao *browser*, reconhece os dados vetoriais na medida em que eles chegam, e os exibe na tela do computador.

- criar um aplicativo em Java (linguagem de programação bastante utilizada na Internet) – transmitido e executado na máquina do usuário no momento da solicitação.

A primeira solução, embora bastante utilizada, apresenta o inconveniente de se ter de buscar o *plug-in* na página da Internet (*site*) do desenvolvedor e instalá-lo no computador. Como este programa trabalha associado ao *browser* e este sofre constantes atualizações, de tempos em tempos o usuário tem que fazer atualizações. A segunda solução é mais interessante, uma vez que não exige a instalação de programas e ao ser desativada desaparece do computador do usuário.

Apesar dos problemas, a transmissão de objetos geográficos é mais interessante que o de imagem porque possibilita a aplicação do conceito de hipermapa onde o usuário, ao selecionar um objeto no mapa, pode ter acesso às informações alfanuméricas associadas.

## 2.4 Funcionamento de um SIG

Originalmente os SIG foram projetados para resolver problemas específicos. No início, as instituições os desenvolviam baseados nas suas necessidades imediatas. Posteriormente, com a evolução dos processadores e a redução dos custos envolvidos, os SIGs tornaram-se uma ferramenta de uso mais amplo.

A necessidade em ampliar as aplicações fez com que vários desenvolvedores se debruçassem sobre o problema, gerando diferenças que redundam em pontos fracos ou fortes, dependendo da concepção adotada. Todavia existem funções que são características e são encontradas em qualquer programa, variando apenas o grau de confiabilidade e a qualidade da implementação. A existência destes recursos é, na maioria das vezes, suficiente para garantir o sucesso da maior parte das aplicações.

Segundo Câmara (2001), “em geral qualquer SIG é capaz de:

- representar graficamente informações de natureza espacial, associando a estes gráficos informações alfanuméricas tradicionais. Representar informações gráficas sob a forma de vetores (pontos, linhas e polígonos) e/ou imagens digitais (matrizes de pixels);

- recuperar informações com base em critérios alfanuméricos, à semelhança de um sistema de gerenciamento de banco de dados tradicional, e com base em relações espaciais topológicas, tais como continência, adjacência e interceptação;
- realizar operações de aritmética de polígonos, tais como: união, intersecção e diferença. Gerar polígonos paralelos (*buffers*) ao redor de elementos ponto, linha e polígono;
- limitar o acesso e controlar a entrada de dados através de um modelo de dados, previamente construído;
- oferecer recursos para a visualização dos dados geográficos na tela do computador, utilizando para isto uma variedade de cores;
- interagir com o usuário através de uma interface amigável, geralmente gráfica;
- recuperar de forma ágil as informações geográficas, com o uso de algoritmos de indexação espacial;
- possibilitar a importação e exportação de dados para outros sistemas semelhantes, ou para outros *softwares* gráficos;
- oferecer recursos para a entrada e manutenção de dados, utilizando equipamentos como mouse, mesa digitalizadora e *scanner*;
- oferecer recursos para a composição de saídas e geração de resultados sob a forma de mapas, gráficos e tabelas, para uma variedade de dispositivos, como impressoras e *plotters*;
- oferecer recursos para o desenvolvimento de aplicativos específicos, de acordo com as necessidades do usuário, utilizando para isto alguma linguagem de programação, inclusive possibilitando a customização da interface do GIS com o usuário.

Todos estes recursos podem ser agrupados em categorias, para facilitar a comparação entre diferentes sistemas. Estas categorias básicas são: entrada de dados, gerenciamento de informações, recuperação de informações, manipulação e análise, e exibição e produção de saídas.

### 2.4.1 Entrada de dados

Os SIGs têm a capacidade de armazenar informações variadas, tanto de natureza alfanumérica como gráfica (vetores e imagens). Esta característica faz com que o sistema necessite de módulos ou interfaces que permitam ao usuário incorporar dados e visualizá-los graficamente. É necessário ainda que o sistema detecte falhas ou incorreções nos dados no momento da entrada, avisando ao usuário antes de serem definitivamente incorporados ao banco de dados geográficos. Conforme Câmara (2001), um SIG precisa ser capaz de:

- permitir a digitalização de dados gráficos em formato vetorial, provendo os meios para associação (ou digitação) das informações alfanuméricas correspondentes. Isto é conseguido com a utilização de dispositivos de entrada de dados, como mesas digitalizadoras, mouse, teclado (digitação de coordenadas) entre outros;
- permitir a associação de imagens digitais ao banco de dados, através de recursos de georreferenciamento de imagens ou mesmo através da integração da imagem ao banco. Deste modo o sistema precisa ser capaz de converter ou traduzir arquivos de imagem codificados em diversos formatos distintos para o formato adotado por ele;
- realizar análises de consistência sobre os dados vetoriais, visando detectar incorreções na topologia ou inconsistências com relação ao modelo de dados. Estas incorreções incluem: erros de fechamento topológico (elementos poligonais), superposições indesejáveis, *undershoots*, *overshoots* <sup>14</sup> por exemplo;
- realizar procedimentos de “limpeza” ou correção sobre os dados adquiridos, visando melhorar sua qualidade e prepará-los para a incorporação ao banco de dados geográfico. Estes procedimentos incluem *edge matching* <sup>15</sup>, eliminação de vértices desnecessários, suavização de curvas;

<sup>14</sup> *Undershoots*, *overshoots* – fechamento imperfeito de polígonos de modo que haja superposição ou falta de contigüidade entre polígonos adjacentes.

<sup>15</sup> *edge matching* – falta de continuidade de uma feição, ou deslocamento dela em cartas (mapas) subsequentes.

- receber, converter e tratar dados provenientes de outros sistemas de informação, geográficos ou não, gráficos ou não, a partir de arquivos de formato padronizado.

Segundo o mesmo autor, a entrada de dados é a atividade de implantação de SIGs que demanda maior tempo e recursos. Pode, em alguns casos, inviabilizar a sua adoção por organizações potencialmente usuárias. Dentro desta perspectiva, um fator importante que deve ser considerado é o grau de automação dessa entrada. Normalmente os processos manuais são mais sujeitos a erros, e as correções destes, de forma automática, é lenta e de custo elevado. A tendência atual é de se desenvolver procedimentos que automatizem ao máximo essa entrada de dados. Por exemplo, com a evolução dos processadores e dos programas de computador (*hardware* e *software*) a substituição da digitalização de mapas, através de mesas digitalizadoras, por rasterização e posterior digitalização semi-automática e automática tem se tornado bastante interessante.

#### **2.4.2 Gerenciamento e recuperação de informações**

Após a construção da base de dados geográficos o SIG precisa ser capaz de gerenciá-la de forma a poder (CÂMARA, 2001):

- manter a consistência da base de dados através das operações realizadas pelos usuários;
- controlar o acesso concorrente (simultâneo) aos dados por diversos usuários;
- garantir a integridade da relação gráfico-alfa;
- executar operações de *backup* e recuperação de informações;
- garantir a recuperação total ou parcial do banco em caso de falhas;
- garantir a segurança no acesso às informações contidas no banco, impedindo acessos não autorizados e limitando o acesso a dados sensíveis.

Normalmente as tarefas acima descritas são implementadas em sistemas gerenciadores de banco de dados profissionais. A diferença do SIG está na complexidade adicional da existência de dados gráficos e na garantia da sua integridade com os dados alfanuméricos. O acesso às informações deve ser eficiente e rápido, e isto pode ser

alcançado com técnicas que incluem a indexação espacial, que as organiza por proximidade geográfica. Recursos que facilitem a formulação de consultas por parte do usuário são necessários. Linguagens de consulta como o SQL (Structured Query Language) são implementadas com comandos e operadores de natureza espacial e recursos de interface gráfica com o usuário, evitando a necessidade da memorização de seqüências de comandos e/ou o domínio da sintaxe de uma linguagem complexa.

### 2.4.3 Manipulação e análise

Pode-se agrupar as funções de manipulação e análise de dados geográficos de acordo com a natureza do dado tratado. Seguindo essa premissa, elas podem ser agrupadas em funções de análise geográfica, de processamento de imagens, de modelagem de terreno, de geodésia e fotogrametria, de redes e de produção cartográfica.

As funções restritas à análise geográfica permitem a combinação de informações temáticas, tanto de domínio vetorial como de domínio matricial. Um conjunto importante de procedimentos de análise geográfica foi definido por Tomlin (1990 *apud* Câmara, 2001) e foi denominado “Álgebra de Mapas”. Estas definições são a base de implementações de operadores de análise em diferentes sistemas e incluem:

- reclassificação;
- intersecção (“overlay”);
- operações booleanas e matemáticas entre mapas; e
- consulta ao banco de dados.

As funções de processamento digital de imagens envolvem o tratamento das imagens provenientes de satélite e as obtidas por *scanners*. Entre as funções necessárias podem ser elencadas as de:

- realce por modificação de histograma;
- filtragem espacial;
- classificação estatística por máxima verossimilhança;
- rotação espectral (componentes principais);

- transformação IHS-RGB;
- registro.

A Modelagem Numérica do Terreno (MNT) é uma técnica que, a partir de uma mostra discreta de pontos com as coordenadas planas e altimétricas conhecidas, gera uma superfície matemática que procura modelar as irregularidades topográficas da região da qual os pontos fazem parte. A partir dessa superfície é possível o cálculo da declividade, do volume, a elaboração de cortes transversais, e de linhas de visadas. Este processo, que é fundamental para aplicações de engenharia, precisa de funções que basicamente sejam capazes de:

- determinar o modelo ( grade regular ou triangular) a partir de pontos esparsos ou linhas;
- gerar mapas de contorno (isolinhas);
- gerar mapas de declividade e de aspecto;
- visualizar em 3D (com imagens e temas);
- calcular volumes; e
- analisar perfis.

As funções de geodésia e fotogrametria permitem a realização de procedimentos de restituição e ortoretificação digital. Estes processos são fundamentais em aplicações de cartografia automatizada e atualização de mapeamentos.

As funções de modelagem de redes são aquelas que permitem ao usuário simular determinadas condições e estudar qual será o efeito sobre um determinado sistema. Num sistema telefônico, por exemplo, pode-se precisar saber quantas linhas telefônicas estão ligadas a uma determinada caixa terminal, ou, num sistema de águas, qual o efeito nas diversas casas se for alterada a quantidade de cloro na subestação fornecedora. Ambos os questionamentos têm modelagens diferentes no sistema de redes. Normalmente, os programas comerciais dispõem somente das funções de cálculo do melhor caminho e do caminho crítico, o que é insuficiente para a maioria das aplicações. Para atender às diferentes necessidades das aplicações de rede, os programas de SIG devem ser versáteis, maleáveis e adaptáveis, havendo a necessidade de uma ligação com o banco de dados, onde as informações descritivas estão armazenadas. Especificamente, é na área de redes que o uso de soluções mais modernas como SGBDs orientados a objetos está se impondo.

#### **2.4.4 Exibição e produção cartográfica**

Com relação à saída de dados, os SIGs tendem a priorizar ou os recursos de produção, com ênfase na produção automatizada de mapas, tabelas e relatórios, ou os recursos de consulta onde o interesse gira em torno da resposta interativa do sistema às demandas do usuário.

No caso de impressão, alguns SIGs dispõem de ferramentas para produção de cartas, com recursos muitas vezes altamente sofisticados de apresentação gráfica. Essas ferramentas permitem a definição interativa de uma área de impressão, a colocação de legendas, textos explicativos e notas de crédito. Uma biblioteca de símbolos é também atributo fundamental de um sistema de produção. Os pacotes mais sofisticados dispõem de controladores para dispositivos de gravação eletrônica a *laser*, o que assegura a produção de mapas de alta qualidade.

### **2.5 Critérios para a escolha de um SIG**

De um modo geral, os programas direcionados para SIG foram originalmente projetados para resolver um conjunto específico de problemas em geoprocessamento. Esta vocação original dos *softwares* gerou diferenças na concepção, de modo que não existem no mercado programas totalmente adequados para aplicações específicas. Todos têm pontos fortes e fracos e, nem sempre, correspondem perfeitamente aos objetivos para os quais foram projetados.

Um modo de se proceder é envidar esforços no sentido de identificar as necessidades e ir graduando sua importância para a aplicação. Obviamente não se deve esperar que um SIG comercial preencha completamente as necessidades, e esta visão sobre o fato, possibilita que se utilizem critérios mais flexíveis para a escolha.

Segundo Câmara (2001), as características que devem ser investigadas em cada software candidato, de acordo com o interesse, e para testar sua adequação às necessidades do projeto, incluem:

- possibilidades de customização da interface com o usuário (redefinição da estrutura de menus e diálogos; inclusão de funções desenvolvidas pelo usuário);
- flexibilidade da modelagem de dados;
- existência ou não de linguagem de programação para desenvolvimento de aplicativos; complexidade e completeza da linguagem de programação;
- existência ou não de versão em português; disponibilidade de documentação e/ou material de treinamento em português;
- armazenamento dos dados em base de dados geográfica contínua ou necessidade de fracionamento em mapas;
- existência ou não de restrições e controles de integridade na conexão gráfico-alfa;
- existência ou não de sistemas de indexação espacial para recuperação rápida de informações gráficas;
- disponibilidade de aplicações prontas, desenvolvidas por terceiros, na área de interesse do projeto;
- capacidade de importação e exportação de dados;
- possibilidade de operação em redes heterogêneas de equipamentos (utilização simultânea de equipamentos de diversos fabricantes);
- capacidade de produção de saídas: mapas, cartas, mapas temáticos, gráficos, relatórios, etc;
- recursos para conversão de dados;
- capacidade de operação simultânea por diversos usuários;
- aderência a padrões de fato ou de direito, principalmente nas áreas de bancos de dados e intercâmbio de informações;
- recursos de gerenciamento de *backups* e recuperação de dados;
- existência ou não de linguagem de consulta à base gráfica/alfanumérica;
- recursos de processamento de polígonos (operações de união, intersecção, etc.);

- recursos de detecção e correção de falhas nos dados gráficos (*edge-matching*, eliminação de *undershoots* e *overshoots*, etc.);
- variedade de tipos de dispositivos de saída (*plotters* e impressoras) e de entrada (*scanners*, mesas digitalizadoras, etc.);
- confiabilidade comercial e técnica do representante e sua equipe de suporte.

## 2.6 Desenvolvimento de SIG - tendências

Desde as primeiras concepções sobre SIG, na medida em que aspectos relativos a *hardware* e *software* evoluíam, os desenvolvedores ao longo dos anos seguiam determinadas tendências. No entanto, segundo Câmara (2001) “nos últimos anos, algumas tendências parecem ser definitivas”. Dentre essas preferências pode-se citar as seguintes:

- aplicativos de baixo custo – tendo como premissa a popularização do uso da ferramenta dentro de organizações, tem-se direcionado esforços no sentido de se oferecer alternativas bastante simplificadas e baratas. O uso dessas alternativas associadas a microcomputadores ligados através de redes a servidores de dados espaciais mais poderosos, tem-se mostrado uma alternativa atraente;
- uso de imagens – com a redução dos custos de processamento e armazenamento de grandes volumes de dados, provocados pela evolução dos equipamentos, o uso de imagens raster (matriciais) como complementar à informação vetorial, tem-se intensificado. Há uma forte probabilidade do aumento do uso de ortofotos digitais e de imagens de satélite, principalmente as de alta resolução geométrica;
- orientação a objetos – banco de dados orientados a objeto é uma tendência mundial em termos de programação e desenvolvimento de sistemas. Um objeto na linguagem de banco de dados pode ser entendido como uma entidade, real ou abstrata, que possui uma série de atributos que o caracterizam. Neste contexto, o objeto é tratado como tendo existência própria, e as operações se processam sobre ele e não sobre cada atributo individualmente. Segundo Câmara (2001), “os conceitos de orientação a

objetos, aplicados à área de bancos de dados, levam à definição mais racional, mais próxima do mundo real, de modelos e estruturas de dados. Isto é especialmente benéfico no caso dos SIG, uma vez que as informações que manipulam, devido às suas características espaciais, são difíceis de modelar utilizando as técnicas tradicionais. Modelos de dados geográficos são mais intuitivos para o analista e para o usuário, e seu uso ajudará a reduzir o tempo de desenvolvimento de aplicativos geográficos”;

- intercâmbio de dados geográficos – padronização – a existência de diversas soluções em SIG tem possibilitado que cada organização adote aquela que melhor atenda suas necessidades. A falta de uma padronização tem causado alguns transtornos na hora de tentar compartilhar os dados geográficos de organizações distintas. Algumas soluções têm sido propostas, mas ainda exige algum tempo para que o problema seja resolvido;
- acesso aos dados geográficos na Internet – com a popularização da Internet, muitos organismos tem procurado disponibilizar seus dados através dessa tecnologia. Para atender essa tendência os desenvolvedores tem trabalhado no sentido de tornar o acesso mais eficiente. Várias soluções têm sido propostas.

## 2.7 Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados

De maneira geral, entende-se por banco de dados um conjunto de informações relacionadas entre si, referentes a um mesmo assunto e organizadas de maneira útil, com o propósito de servir de base para que o usuário recupere informações, tire conclusões e tome decisões. Na linguagem dos especialistas a definição, na verdade, se restringe à estrutura de organização e relacionamento desses dados. Por este prisma, o Sistema Gerenciador de Bases de Dados (SGBD) trata de duas espécies de informações: as que descrevem as entidades e as que informam como essas entidades se relacionam.

Um relacionamento é uma associação entre entidades ou objetos com um significado. Se um bairro for tratado como um objeto e for estabelecido o relacionamento entre apenas dois bairros, esta relação é classificada como **1:1** (um para um). No entanto, se a relação for entre o bairro e os diversos componentes que o caracterizam (número de lotes, vias,

equipamentos públicos, entre outros), a classificação passa a ser de **1:n** (um para vários). Finalmente, se o relacionamento estabelecido for entre os elementos característicos de diversos bairros, a relação agora é de **n:m** (vários para vários).

Os SGBDs estabelecem esses relacionamentos através dos conceitos de item, registro, arquivo e elo. O item é a unidade de informação que pode ser um número inteiro ou uma cadeia de caracteres de um determinado comprimento, por exemplo. A seqüência desses itens pode ser associada a um registro, e um conjunto de registro pode formar um arquivo. Segundo Furtado (1988) "é natural fazer corresponder um conjunto de entidades a um arquivo". Então, por exemplo, num arquivo denominado bairro, cada bairro corresponde a um registro e o tipo de equipamento público, número de lotes, vias públicas, são os itens.

O elo é a ligação entre dois registros pertencentes a um mesmo arquivo ou a arquivos diferentes. Os elos podem ser explícitos, quando estabelecem a ligação efetiva entre os registros, e implícitos quando um item ou seqüência de itens possuem valores comparáveis aos de outro registro. Por exemplo, pode-se pensar em comparar os lotes vagos de um bairro com os de outro.

A partir do tipo de elo que o banco de dados utiliza pode-se classificá-lo em:

- Hierárquico – nesta estrutura o elo entre registros é do tipo explícito. Trabalha-se com dois tipos de registros, um denominado de "pai" ou principal, e outro denominado "filho" ou detalhado. Ao registro "pai" estão associados vários registros "filhos" e a cada um dos "filhos", podem ser associados outros e assim, sucessivamente. A característica principal deste modelo é que os registros têm sempre um de nível mais alto associado a eles. A vantagem desta organização está no fato de permitir um conjunto múltiplo de combinações dos atributos a serem associados com qualquer registro dado, sem armazenar dados repetitivos. É o tipo de estrutura de **1:n** (um para vários) ou estrutura de árvore (Figura 2.11).
- Redes – neste modelo todos os elos são do tipo explícito e o relacionamento pode ser feito entre quaisquer registros. A idéia de registros "filhos" ligados a um "pai" deixa de fazer sentido. É o tipo de relação de muitos para muitos (**n:m**). Esse modelo foi desenvolvido em meados da década de 60, como parte do trabalho da CODASYL ( *Conference on Data Systems Language*) com o objetivo de separar a estrutura de dados do armazenamento físico dos dados,

eliminando a duplicação e a necessidade de dados que impliquem em erros e custos (Figura 2.12).

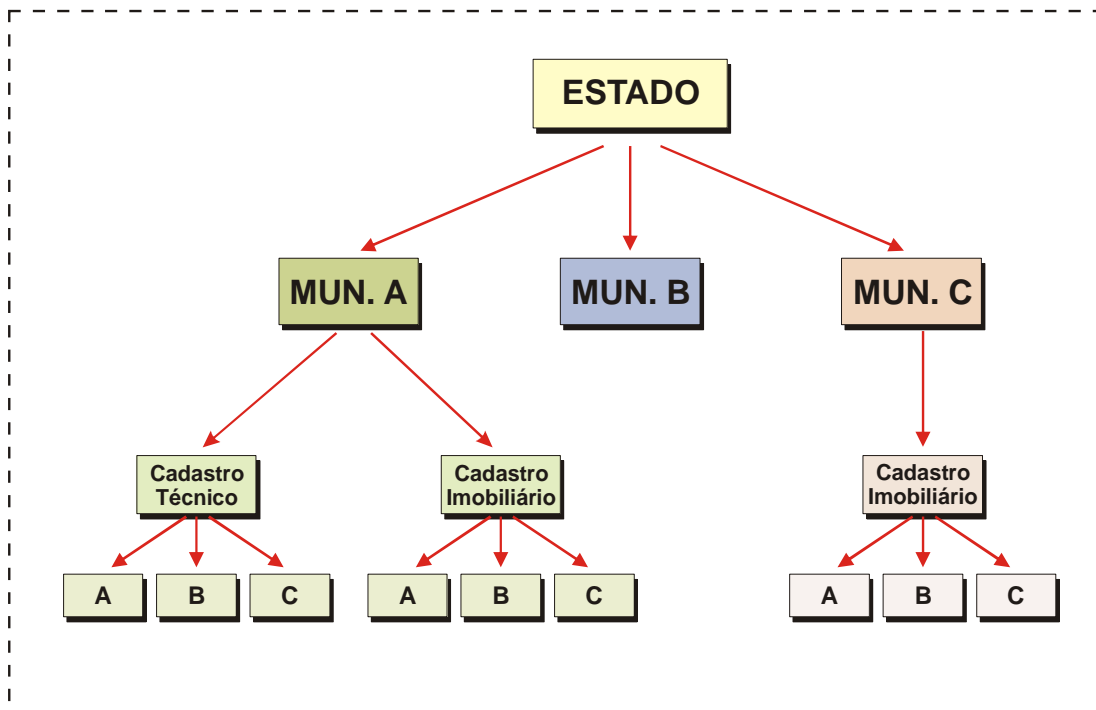


Fig. 2.11 – Modelo hierárquico.

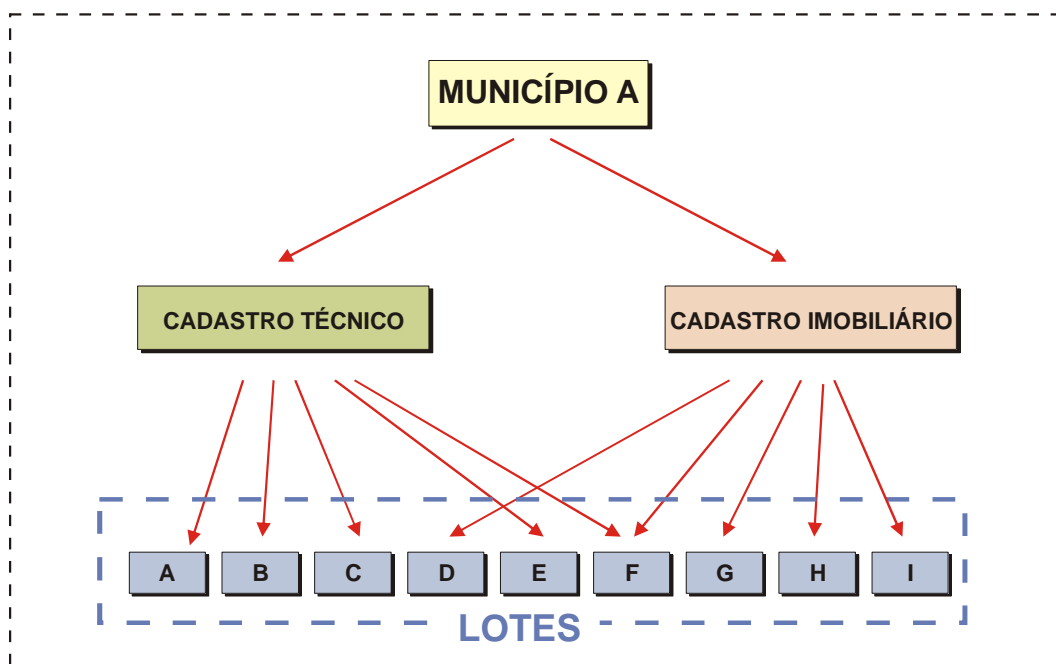


Fig. 2.12 – Modelo de rede.

- Relacional – quando o elo é do tipo implícito e os dados são organizados em forma de tabelas. O relacionamento se dá através de código de ligação (elos) entre as diversas tabelas ou simplesmente através dos registros armazenados em campos comuns de tabelas distintas. Este tipo de solução permite que sejam geradas novas tabelas apenas pela associação de outras. Por exemplo, é possível associar a tabela de dados geográficos com a dos sítios arqueológicos e com a de tipo de material arqueológico encontrado, para gerar uma nova onde apareça o nome do sítio, sua sigla, município, região arqueológica e tipo de material (Figura 2.13).

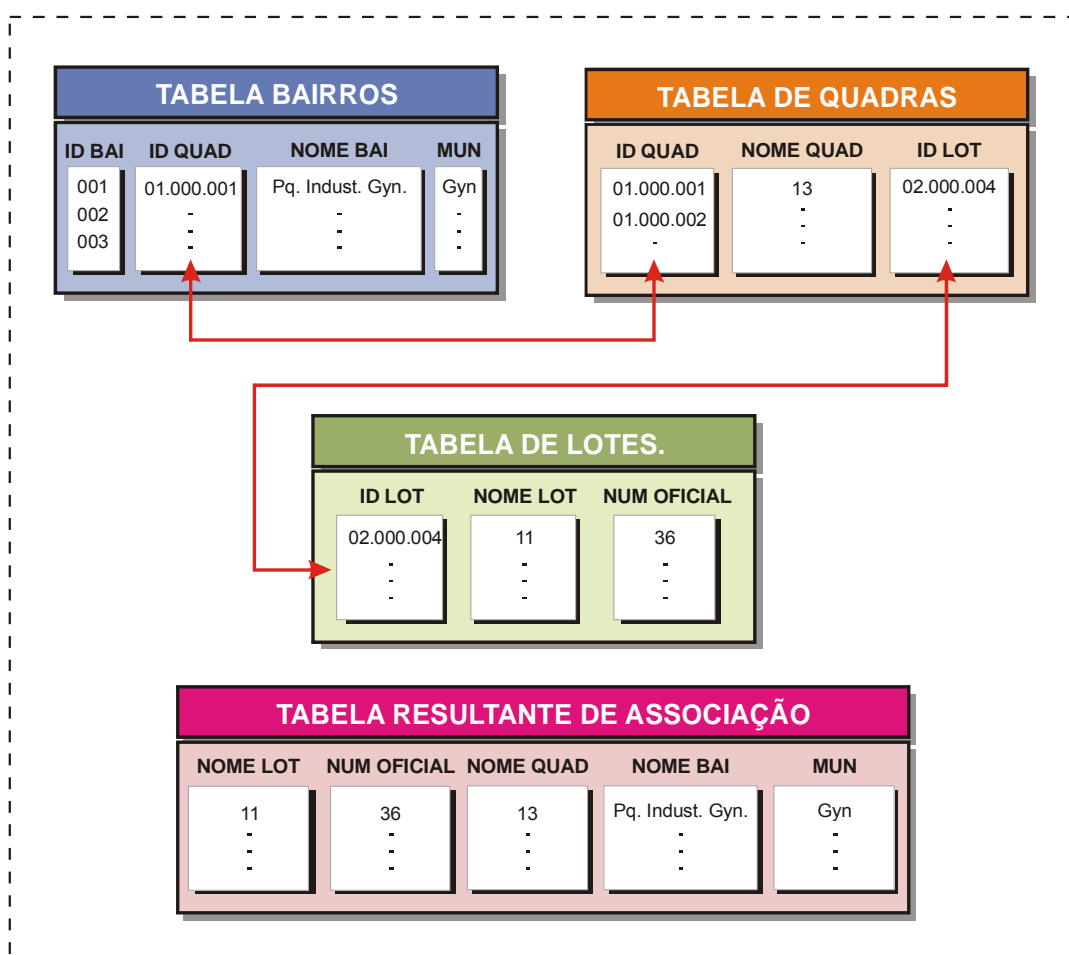


Fig. 2.13 – Modelo relacional.

Dependendo do que se pretende fazer, a estrutura hierárquica é mais adequada, principalmente quando os dados apresentam uma certa concatenação (país, estado, município, bairro), contudo, para outras situações, o ideal pode ser a relacional ou talvez, a estrutura de rede. Na verdade, quando se planeja a arquitetura de um SGBD é possível deparar com situações onde seja necessária a adoção de uma solução mista, onde as três estruturas estão presentes.

### 3 CARTOGRAFIA – CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

A idéia de se poder, a partir de um conjunto de dados georreferenciados, tomar decisões acertadas num curto espaço de tempo, foi sempre o desejo do homem. O obstáculo principal residia no complexo número de variáveis que se tem de cruzar e confrontar. Atualmente, devido ao grande avanço na capacidade de processamento dos computadores, essa tarefa tem se tornado menos penosa.

Do ponto de vista teórico, é perfeitamente possível se estruturar um sistema que modele com grande eficiência um determinado conjunto de dados, contudo as dificuldades se iniciam no momento de introduzir elementos fundamentais para formar a base cartográfica. Em grande parte do País, as cartas são antigas e em escala inadequada. Em contraposição, quando se tem cartografia em escala adequada, o volume de dados torna o processamento quase impossível em computadores comuns. Passa-se nesse instante, a depender de computadores com grande capacidade de processamento, as *workstation*.

Um outro aspecto diz respeito à necessidade de se modelar o mundo real, que consiste em selecionar fenômenos e entidades de interesse (dados), abstraindo-os e generalizando-os. No entanto, diferentes conjuntos de fenômenos podem ser escolhidos para descrever distintas visões do mundo, para uma mesma região, em um dado instante, e nesse caso, qual das visões é a correta ?

Não obstante a constatação filosófica de um SIG, é necessário que tanto a base gráfica (cartográfica) como a alfanumérica reflitam com a maior fidedignidade a realidade do que se quer modelar. Com respeito aos dados gráficos, é importante que se analise qual a qualidade geométrica do dado e, até qual escala, esse dado pode ser considerado correto.

Para que se possa fazer este tipo de análise é necessário dominar a conceituação teórica envolvida na Cartografia.

### 3.1 Definições

#### Cartografia :

- “Arte de levantamento, construção e edição de cartas de qualquer natureza, e a ciência na qual repousa”, ou;
- “Produto do conhecimento obtido no estudo de mapas geográficos, dos métodos para sua produção e reprodução, e de seu uso.”

Nestas definições aparecem duas palavras que tem o mesmo significado: Carta e Mapa.

A palavra **carta** vem do latim *charta* que significa papel e a palavra **mapa** vem de *mappa* que significa pano. Observa-se então que a diferença vem da origem do material com que eram produzidos.

No Brasil costuma-se diferenciar mapa de carta em função ou da escala ou da fidedignidade das informações. No tocante a escala costuma-se chamar de carta quando a escala é maior do que 1/5.000.000 e de mapa quando a escala é menor que este valor. Com respeito à confiabilidade das informações costuma-se chamar de carta os produtos elaborados com rigor geométrico e de mapa aqueles que funcionam apenas como ilustração. De qualquer forma esta diferença não tem muita importância.

#### Carta :

- “Representação visual, codificada, geralmente bidimensional, total ou parcial, da superfície da Terra ou de outro objeto.”

A finalidade básica de uma carta é transmitir informações específicas a respeito da área cartografada para o usuário. (Fig. 3.1)

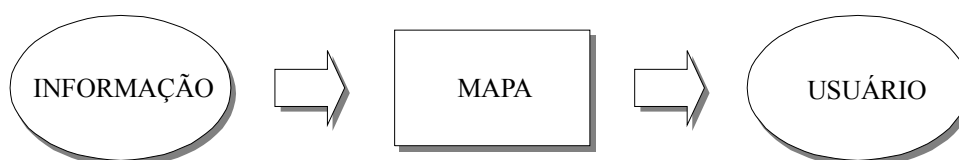
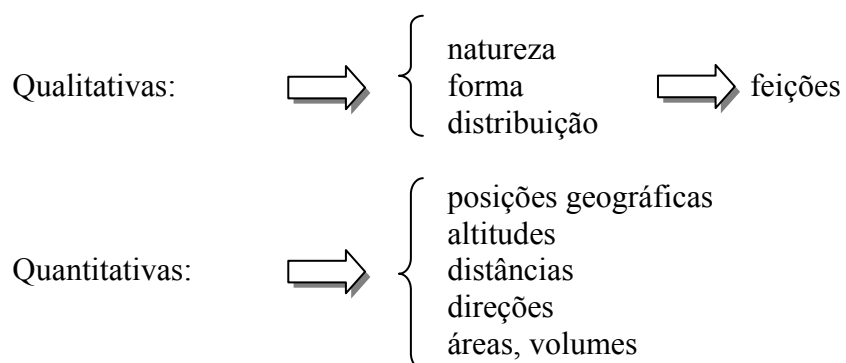
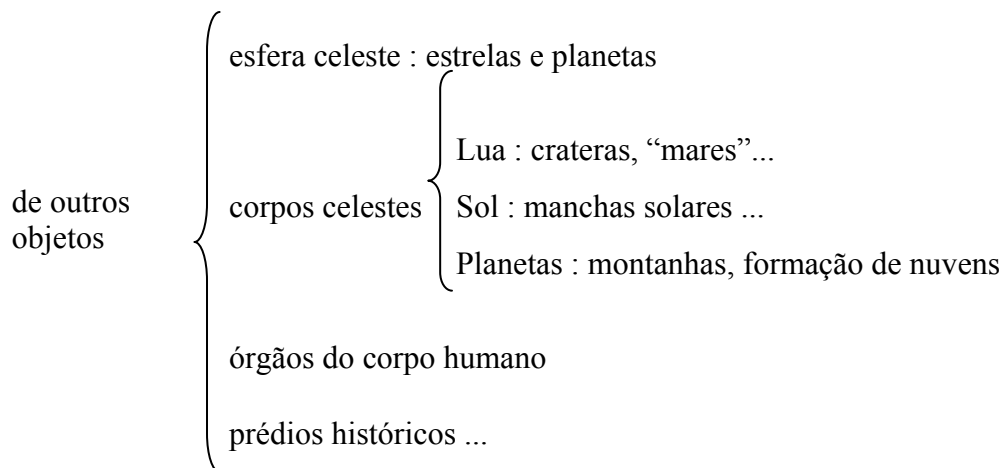
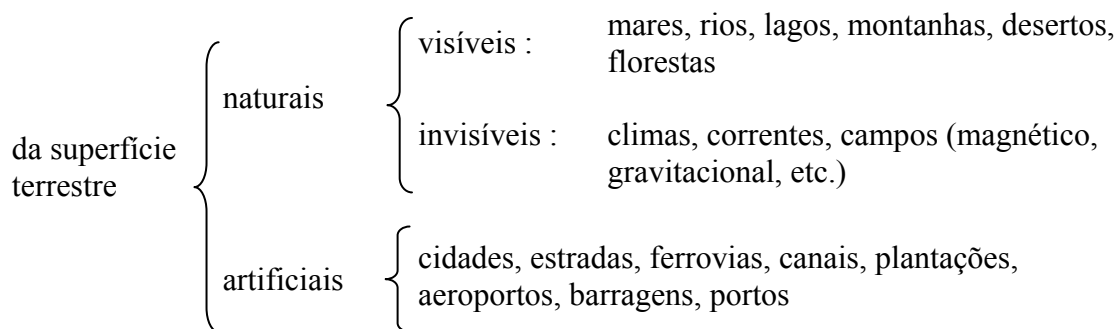


Fig. 3.1 – Informação ao usuário.

Estas informações podem ser qualitativas e/ou quantitativas.



As feições representadas podem ser:



**Características das Cartas:**

- Permitem a coleta das informações em gabinete;
- Apresentam informações não visíveis no terreno: toponímia, fronteiras indefinidas;
- Codificam informações através de símbolos;
- Exigem uma atualização permanente – certas feições variam em função do tempo;
- Representam um modo de armazenamento de informações conveniente ao manuseio;
- São necessárias à visualização e compreensão de fenômenos espaciais e de sua distribuição e relacionamento;
- Constituem um dos elementos básicos do planejamento das atividades sócio-econômicas das comunidades humanas.

### **3.2 Superfícies de referência usadas em cartografia**

Para se poder mapear a superfície da Terra, antes é mister conhecer a sua forma e dimensões. Sabe-se que a Terra é um corpo esférico irregular e que não possui uma descrição geométrica. Então é necessária a utilização de modelos adequados para sua descrição de acordo com os objetivos pretendidos nos levantamentos e mapeamentos.

#### **3.2.1 Superfície de referência geoidal**

O geóide é definido como sendo uma superfície equipotencial (potencial gravitacional constante) materializada pelo nível médio dos mares. A força da gravidade que gera essa superfície equipotencial é resultante de uma interação entre massas. Sabe-se que existe uma relação direta entre a massa e a densidade de um corpo, e que existe uma grande variação na constituição densimétrica dos materiais que constituem a parte interna do globo terrestre. Deste modo, essa superfície equipotencial não apresenta uma forma regular. Há ainda, que se considerar, a questão dos corpos celestes que interagem com o campo gravitacional, provocando variações constantes nesta superfície.

Alguns autores definem como sendo a forma do geóide a que corresponde a forma da Terra real. Contudo, como essa superfície não tem uma definição geométrica, este postulado não tem muito sentido, quando o objetivo, esta na busca de um modelo para o mapeamento. Não obstante, esta superfície é extremamente importante no estabelecimento das altitudes.

### 3.2.2 Superfície de referência esférica

Se a área a ser mapeada for extensa mostrando continentes ou a superfície total da Terra, adota-se o modelo esférico para a superfície da Terra. (Fig. 3.2)

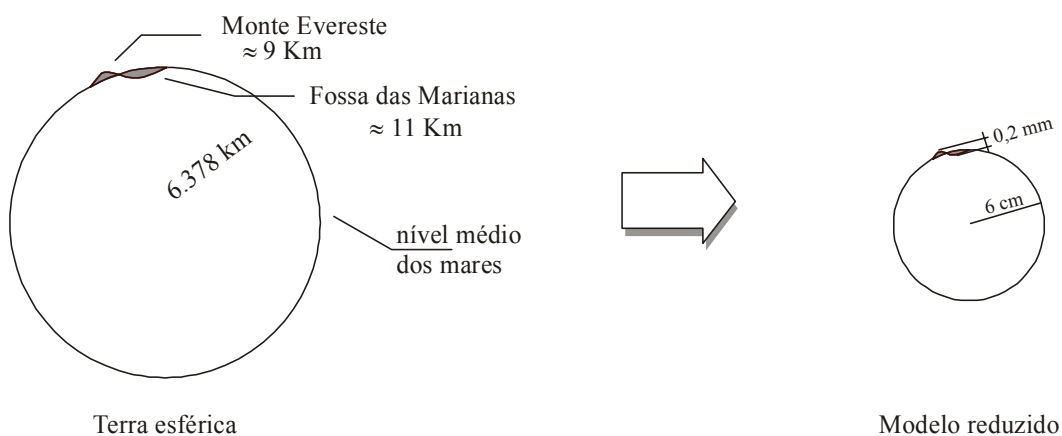


Fig. 3.2 – Modelo esférico.

Esta modelo implica em:

Levantamento :	Geodésia
Cálculos:	Trigonometria esférica
Uso:	mapas de formato pequeno mostrando grandes porções da superfície terrestre
Escala :	escalas pequenas não maiores que 1:5.000.000
Mapas:	Utilização de projeções cartográficas

### 3.2.3 Superfície de referência elipsoidal

Se a área a ser levantada e mapeada não for pequena e nem muito extensa, o modelo que melhor representa a superfície da Terra é o elipsóide de revolução, que possui uma formulação matemática razoavelmente simples. Neste modelamento leva-se em conta o achatamento dos pólos.

O elipsóide de revolução é definido pelos seus semi-eixo maior (a) e menor (b) ou pelo semi-eixo maior e o achatamento (f). (Fig. 3.3)

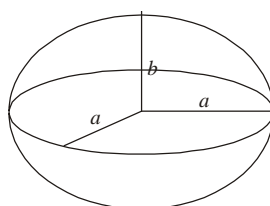


Fig. 3.3 – Elipsóide.

Por exemplo :     a = 6.378 km  
                           b = 6.356 km  
                           f = 1/298,25

onde :  $f = \frac{a-b}{a}$

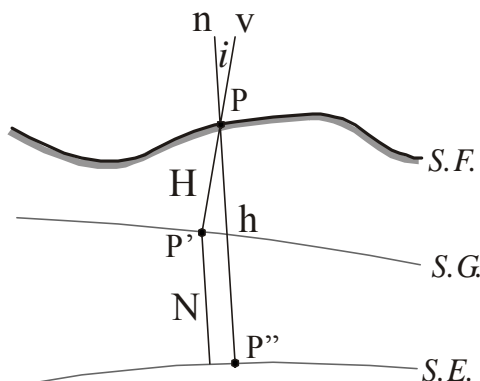
Este modelo implica em:

Levantamento :	Geodésia
Cálculos:	Geodésicos
Medidas:	Reduzidas ao elipsóide de revolução
Uso:	cartas topográficas (mapeamento sistemático), náuticas, aeronáuticas.
Escala :	médias (1:1.000.000 a 1:5.000)
Mapas:	Utilização de projeções cartográficas

Independentemente do modelo adotado, tanto o esférico como o elipsóidico possuem várias propostas para os seus parâmetros definidores (raio e semi-eixos maior e menor).

### 3.2.4 O relacionamento entre as superfícies física, geoidal e elipsoidal

Embora se utilizem modelos geométricos para descrever a superfície física da Terra na tarefa de mapeamento, as medições são executadas na superfície topográfica, ou simplesmente física. É importante então, definir-se alguns elementos deste relacionamento.



Na figura aparecem às superfícies física (SF), elipsoidal (SE) e geoidal (SG). A separação entre as superfícies elipsoidal e geoidal recebe o nome de ondulação do geóide e é representado pela letra N.

Imaginemos um ponto P na superfície física sendo projetado segundo a direção da vertical (linha de prumo) e da direção da normal (reta ortogonal a superfície do elipsóide). As duas projeções geram os pontos P' e P''. Ao segmento  $\overline{PP'}$  corresponde a altitude ortométrica (H), e ao segmento  $\overline{PP''}$  corresponde a altitude geométrica ou elipsoidal (h). O ângulo formado entre a vertical e a normal é definido como desvio da vertical (i). Este ângulo é da ordem do segundo e deste modo é possível se fazer uma relação entre as superfícies sem incorrer em erro significativo.

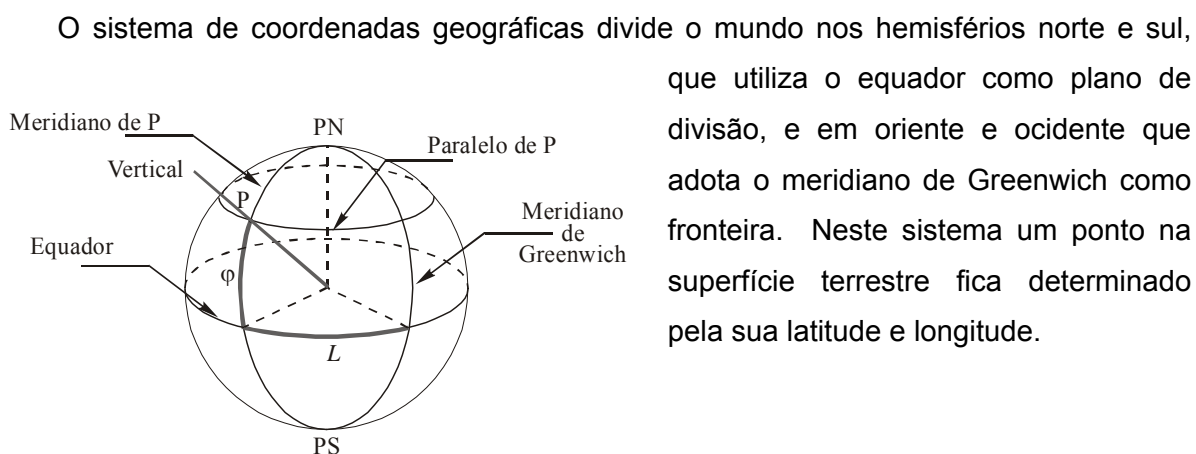
$$h = H + N$$

### 3.3 Sistemas de Referência

A posição de um ponto na superfície da Terra é determinada a partir de um sistema de coordenadas ou de referência. Estes sistemas estão associados a uma superfície de referência que se aproxima do formato da Terra. É o caso, por exemplo, do elipsóide de revolução.

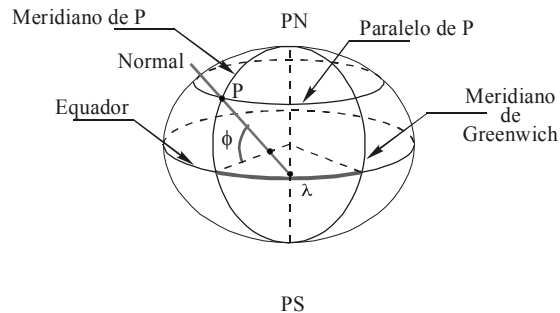
Existem dois tipos de sistemas de referenciamento. O sistema de coordenadas esféricas e o sistema de coordenadas cartesianas tridimensionais. No primeiro tipo se enquadram às coordenadas geográficas ou geodésicas.

#### 3.3.1 Sistemas de Coordenadas Geográficas e Geodésicas



- Latitude (φ) - define-se latitude de um lugar como sendo o ângulo formado entre a vertical do lugar e o plano do equador, ou a distância angular contada sobre o meridiano deste, desde o equador até ele. A latitude varia de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$  sendo considerada negativa no hemisfério sul.
- Longitude (L) - define-se longitude de um lugar como sendo o ângulo diedro formado pelo plano meridiano de Greenwich e o plano meridiano do lugar, ou a distância angular contada sobre o equador desde o meridiano origem (Greenwich) até o meridiano deste. A longitude varia de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$  sendo considerada negativa a oeste de Greenwich (hemisfério ocidental).

Pode-se estabelecer um sistema de coordenadas similar utilizando-se como modelo para a Terra o elipsóide de revolução. Este sistema de coordenadas é conhecido como Sistema de Coordenadas Geodésicas.



- Latitude (□) – define-se latitude geodésica de um lugar como sendo o ângulo formado entre a normal do lugar e o plano do equador. A latitude varia de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$  sendo considerada negativa no hemisfério sul.
- Longitude (□) – define-se longitude de um lugar como sendo o ângulo diedro formado pelo plano meridiano de Greenwich e o plano meridiano do lugar, ou a distância angular contada sobre o equador desde o meridiano origem (Greenwich) até o meridiano deste. A longitude varia de  $0^\circ$  a  $\pm 180^\circ$  sendo considerada negativa a oeste de Greenwich (hemisfério ocidental).

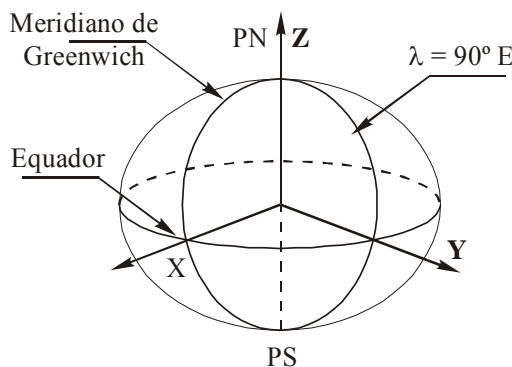
Neste sistema pode-se associar a altitude geométrica ou elipsoidal (distância sobre a normal desde o elipsóide até o ponto na superfície topográfica). Nesta situação o ponto fica assim referenciado ( $\phi, \lambda, h$ ).

### 3.3.2 Sistemas de Coordenadas Cartesianas Tridimensionais

Este sistema de coordenadas é caracterizado por um conjunto de três eixos (X, Y e Z), ortogonais entre si. A origem do sistema pode coincidir com o centro de massa da Terra, e neste caso, é denominado de geocêntrico. As características deste sistema são as seguintes:

- o eixo X é definido pela intersecção do plano meridiano de Greenwich com o plano do equador, sendo orientado positivamente no sentido do centro para o exterior;

- o eixo Y é definido pela intersecção do plano meridiano de longitude 90° Leste com o plano equatorial;
- o eixo Z é paralelo ao eixo de rotação da Terra e orientado positivamente na direção do Pólo Norte.



Este sistema é denominado destrógiro.

### 3.3.3 Datum

Datum é o conjunto de parâmetros que definem o sistema cartográfico de um País. Por parâmetros, se subentende a figura geométrica adotada para representar a Terra, as especificações relativas ao ponto origem, a orientação do sistema de coordenadas, e a posição da superfície elipsoidal em relação à física e a geoidal, entre outros parâmetros.

Até meados da década de 70, o Brasil adotava o Datum de Córrego Alegre. Este Datum utiliza como superfície de referência, o Elipsóide de Hayford (1924) que teve a sua origem (centro) deslocada do centro de massa da Terra, de modo a melhor ajusta-lo à superfície topográfica. Este procedimento tornou o sistema topocêntrico. Por questões de simplificação adotou-se ondulação nula ( $N=0$ ). A seguir são listados os parâmetros definidores deste sistema.

Ponto origem:		Vértice Córrego Alegre
Coordenadas:	$\phi =$	-19° 50' 14,91"
	$\lambda =$	-48° 57' 41,98"
	$h =$	683,81m
Superfície de referência:		Elipsóide internacional de Hayford 1924.
Parâmetros:	$a =$	6.378.388,000 m
	$b =$	6.356.911,946 m
	$f =$	1/297
Ondulação Geoidal:	$N =$	0

Posteriormente, por um breve período o Brasil conviveu com o Datum Astrogeodésico de Chuá, que mudou o ponto origem do vértice de Córrego Alegre para o vértice de Chuá. Este Datum foi um ensaio para a adoção do Datum SAD-69.

O Datum SAD-69 (South American Data) é um sistema regional, que teve a sua recomendação indicada em 1969 na XI Reunião pan-americana de Consulta sobre Cartografia. Nem todos os países do continente seguiram a recomendação e oficialmente somente em 1979, o Brasil o adotou oficialmente.

Os dados que caracterizam este Datum estão discriminados a seguir.

Ponto origem:		Vértice Chuá	
Coordenadas:	$\phi =$	-19° 45' 41,6527"	
	$\lambda =$	-48° 06' 04,0639"	
	$H =$	763,28 m	altitude ortométrica
Superfície de referência:		Elipsóide internacional de Referência 1967.	
Parâmetros:	$a =$	6.378.160,000 m	
	$b =$	6.356.774,719 m	
	$f =$	1/298,25	
Ondulação Geoidal:	$N =$	0	determinada
Azimute geodésico:	$AZ =$	271°30'04,05"	(Chuá-Uberaba)

Esta concepção de *Datum*, referenciando o sistema a um ponto origem, é considerada uma solução clássica. Modernamente, principalmente pela tecnologia GPS, a idéia passou a ser a adoção de uma rede de pontos de coordenadas conhecidas que dão suporte ao mapeamento.

Sob esse novo enfoque desde 25/02/2005, através da resolução IBGE nº 1/2005 o presidente daquela instituição, resolveu alterar a caracterização do referencial geodésico brasileiro, que passou a ser o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

A figura geométrica adotada é o elipsóide de revolução geocêntrico denominado *Geodetic Reference System 1980* (GRS 80) cujos parâmetros são os seguintes:

$$\begin{aligned}
 a &= 6.378.137,0000000000 \text{ m} \\
 b &= 6.356.752,3141403558 \text{ m} \\
 f &= 1/298,257222101
 \end{aligned}$$

Este sistema está materializado por 22 estações geodésicas distribuídas no território nacional, cujos valores estão na tabela a seguir:

Estação	Coordenadas Geodésicas			Coordenadas Cartesianas		
	$\phi$	$\lambda$	Altitude elipsoidal (m)	X (m)	Y (m)	Z(m)
BRAZ	13° 15' 20,0103" S	43° 25' 18,2468" W	419,401	4.115.014,085	-4.550.641,549	-1.741.444,019
BOMJ	15° 56' 50,9112" S	47° 52' 40,3283" W	1.106,020	4.510.195,835	-4.268.322,325	-1.453.035,300
CAC1	22° 41' 14,5337" S	44° 59' 08,8606" W	615,983	4.164.559,941	-4.162.495,407	-2.445.051,218
CANA	25° 01' 12,8597" S	47° 55' 29,8847" W	3,688	3.875.253,589	-4.292.587,088	-2.681.107,718
CORU	19° 00' 01,0131" S	57° 37' 46,6130" W	156,591	3.229.969,943	-5.095.437,766	-2.063.429,898
CRAT	07° 14' 16,8673" S	39° 24' 56,1798" W	436,051	4.888.826,036	-4.017.957,454	-798.309,017
CUIB	15° 33' 18,9468" S	56° 04' 11,5196" W	237,444	3.430.711,406	-5.099.641,565	-1.699.432,931
FOR1	03° 43' 34,3800" S	38° 28' 28,6040" W	48,419	4.982.893,151	-3.959.968,539	-411.742,293
FORT	03° 52' 38,8046" S	38° 25' 32,2051" W	19,451	4.985.386,605	-3.954.998,594	-428.426,440
IMBI	28° 14' 11,8080" S	48° 39' 21,8825" W	11,850	3.714.672,427	-4.221.791,488	-2.999.637,883
IMPZ	05° 29' 30,3584" S	47° 29' 50,0445" W	105,008	4.289.656,441	-4.680.884,944	-606.347,331
MANA	03° 06' 58,1415" S	60° 03' 21,7105" W	40,160	3.179.009,359	-5.518.662,100	-344.401,823
MCAE	22° 22' 10,3989" S	41° 47' 04,2080" W	0,056	4.400.142,600	-3.932.040,418	-2.412.305,322
PARA	25° 26' 54,1269" S	49° 13' 51,4373" W	925,765	3.763.751,652	-4.365.113,803	-2.724.404,694
POAL	30° 04' 26,5528" S	51° 07' 11,1532" W	76,745	3.467.519,402	-4.300.378,535	-3.177.517,730
PSAN	00° 03' 26,4338" S	51° 10' 50,3285" W	-15,506	3.998.232,011	-4.969.359,526	-6.340,615
RECF	08° 03' 03,4697" S	34° 57' 05,4591" W	20,180	5.176588,653	-3.618.162,163	-887.363,920
RIOD	22° 49' 04,2399" S	43° 18' 22,5958" W	8,630	4.280.294,879	-4.034.431,225	-2.458.141,380
SALV	13° 00' 31,2116" S	38° 30' 44,4928" W	35,756	4.863.495,731	-3.870.312,351	-1.426.347,813
UEPP	22° 07' 11,6571" S	51° 24' 30,7223" W	430,950	3.687.624,315	-4.620.818,606	-2.386.880,343
VICO	20° 45' 41,4020" S	42° 52' 11,9622" W	665,955	4.373.283,313	-4.059.639,049	-2.246.959,728
SMAR	29° 43' 08,1260" S	53° 42' 59,7353" W	113,107	3.280.748,410	-4.468.909,741	-3.143.408,684

### 3.3.3.1 Mudança de Datum

Considerando que todo o sistema de mapeamento tem uma ligação íntima com o Datum adotado, a utilização de um parâmetro diverso ao estabelecido, implica numa inconsistência de dados. Deve-se então, tomar o cuidado de verificar em qual Datum esta referenciado o mapeamento e fazer as adequações necessárias a compatibilização.

Com a difusão da utilização da tecnologia GPS ( Global Positioning System), este cuidado deve ser redobrado, uma vez que o sistema utiliza os parâmetros do sistema WGS-84.

O IBGE através da Resolução nº. 23, de 21 de fevereiro de 1989, estabeleceu os critérios oficiais para transformações de sistemas geodésicos (mudança de Datum). A Resolução nº. 1/2005 complementa no que concerne a mudança para o SIRGAS 2000.

A resolução recomenda que se utilize a transformação das coordenadas geodésicas em tridimensionais, aplique-se nestas os fatores de transformação e posteriormente se retorne ao sistema geodésico. Até essa Resolução aplicavam-se as fórmulas simplificadas de Molodeski.

- **Transformação de Coordenadas Geodésicas para Cartesianas Tridimensionais**

$$X_1 = (N_1 + h_1) \cos \phi_1 \cos \lambda_1;$$

$$Y_1 = (N_1 + h_1) \cos \phi_1 \sin \lambda_1;$$

$$Z_1 = (N_1(1 - e_1^2) + h_1) \sin \phi_1;$$

onde :

- $\phi_1$  = Latitude geodésica do ponto
- $\lambda_1$  = Longitude geodésica do ponto
- $N_1$  = raio de curvatura da seção 1º vertical (grande normal)
- $h_1$  = altitude geométrica ou elipsoidal

- **Transformação de sistema**

Considerando que o Datum de Córrego Alegre, SAD 69, SIRGAS 2000 e WGS 84 são paralelos entre si, à transformação neste caso, envolve apenas translação de eixos.

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{12}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{12}$$

$$Z_2 = Z_1 + \Delta Z_{12}$$

Onde:  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  e  $\Delta Z$  são parâmetros de transformação, definidos na resolução e estão listados na tabela abaixo.

- **Transformação de Cartesianas Tridimensionais para Coordenadas Geodésicas**

$$\phi_2 = \arctg \left( \frac{Z_2 + e_2^2 \cdot b_2 \cdot \text{sen}^3 u}{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2} - e_2^2 \cdot a_2 \cdot \text{cos}^3 u} \right)$$

$$\lambda_2 = \arctg \left( \frac{Y_2}{X_2} \right)$$

$$h_2 = \frac{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}}{\text{cos} \phi_2} - N_2$$

Onde:

$$\text{sen} u = \frac{\text{tgu}}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 u}}; \quad \text{cos} u = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 u}}; \quad \text{tgu} = \frac{Z_2}{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}} \cdot \frac{a_2}{b_2}$$

Os parâmetros de transformação encontram-se na tabela a seguir:

	Córr. Alegre - SAD 69	SAD 69 - Córr. Alegre	SAD 69 - SIRGAS 2000	SIRGAS 2000 - SAD 69	SAD 69 - WGS 84	WGS 84 - SAD 69
$\Delta X =$	-138,70 m	138,70 m	- 67,35 m	67,35 m	66,87 m $\pm$ 0,43m	- 66,87 m $\pm$ 0,43m
$\Delta Y =$	164,40 m	- 164,40 m	3,88 m	- 3,88 m	- 4,37 m $\pm$ 0,44m	4,37 m $\pm$ 0,44m
$\Delta Z =$	34,40 m	-34,40 m	-38,22 m	38,22 m	38,52 m $\pm$ 0,40m	- 38,52 m $\pm$ 0,40m

obs: Dados obtidos do Boletim de Serviço N° 1602 (suplemento) e nas resolução N° 23/89 e N° 1/2005 – IBGE.

Os parâmetros que definem o elipsóide utilizado pelo sistema WGS 84 são os seguintes:

WGS 84

$$a = 6.378.137,000 \text{ m}$$

$$b = 6.356.752,314 \text{ m}$$

$$f = 1/298,257223563$$

### 3.4 Projeções Cartográficas

Define-se projeção cartográfica como sendo qualquer arranjo sistemático de meridianos e paralelos descrevendo a superfície curva da esfera ou elipsóide em um plano. Em outras palavras é a representação da superfície física da Terra no plano do papel.

Essa relação entre a superfície física e a do papel se dá através de funções matemáticas de tal modo que cada projeção possui equações únicas.

$$\begin{array}{l} x = f_1(\phi, \lambda) \\ y = f_2(\phi, \lambda) \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{l} \rho = f_3(\phi, \lambda) \\ \theta = f_4(\phi, \lambda) \end{array}$$

Estas equações tanto servem para definir a projeção como para construí-la.

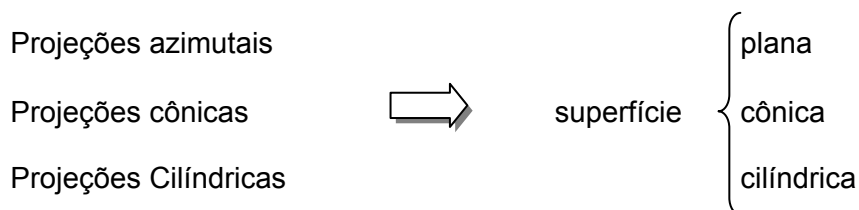


#### 3.4.1 Superfícies de projeção


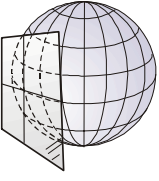
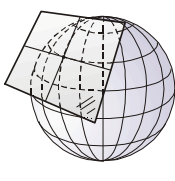
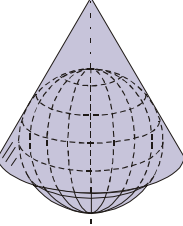
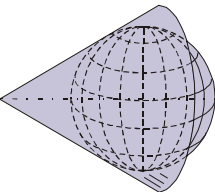
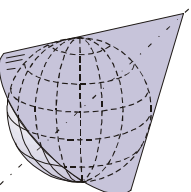
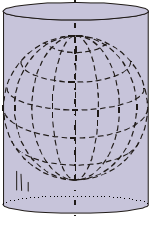
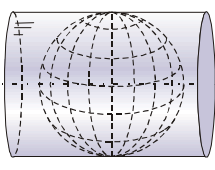
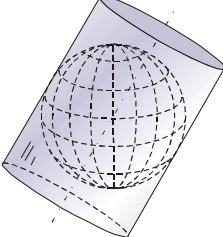
A Terra é um corpo aproximadamente esférico, e por essa razão, são utilizados modelos para representá-la (esférico e elipsóidico). A partir desse modelamento é que se estabelecem as relações matemáticas, contudo, a correspondência entre os pontos da superfície e do mapa não é exata. Em primeiro lugar existe um fator de escala que deve ser considerado e em segundo lugar é impossível transformar uma superfície curva em uma

plana sem provocar deformações (estiramentos, descontinuidades). O que se procura fazer é eleger alguma área da superfície e então minimizar os efeitos da distorção nesta região.

É dentro dessa lógica que se imaginou três superfícies de projeção para tentar contornar o problema: a superfície plana, a cônica e a cilíndrica. Estas três superfícies também servem como um dos parâmetros classificatórios das projeções, ou seja:



Qualquer uma destas superfícies pode estar na posição normal, transversa ou oblíqua, dependendo da necessidade.

	NORMAL	TRANSVERSO	OBLÍQUO
AZIMUTAL			
CÔNICA			
CILÍNDRICA			

### 3.4.2 Variação de escala

Escala Principal: define-se como sendo a razão entre um comprimento no mapa e o seu valor real.

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

onde : d - distância no mapa  
D - distância real

O conceito de escala nos indica quantas vezes um objeto foi reduzido ou ampliado para poder ser representado no papel. Contudo, este valor deve ser entendido como sendo um valor médio porque diferentes pontos do mapa sofrem diferentes deformações. Este fato é causado pela transformação da superfície curva da Terra para a superfície plana do mapa. Obviamente as deformações variam seu valor em função da projeção cartográfica que se está utilizando.

Em cartografia pode-se pensar em representar a superfície da Terra de duas maneiras:

- a) Cortando a superfície do globo ao longo de certos paralelos e meridianos. Este procedimento minimiza as distorções, contudo apresenta o inconveniente de se representar o mesmo paralelo e meridiano duas vezes, além de haver descontinuidade no mapa. (Fig. 3.4)
- b) Estiramento da superfície em alguma direção. Por exemplo, se estirmos na direção dos meridianos observa-se que a deformação vai aumentando na medida em que se aproxima do limite do mapa; a distância entre dois paralelos cresce a partir do centro; a separação entre dois meridianos quaisquer, permanece praticamente constante; não há descontinuidade (Projeção Policônica – Hassler 1820 – Eqüidistante segundo os paralelos). (Fig. 3.5)



Em qualquer um dos casos têm-se vantagens e desvantagens e, dependendo da finalidade, aplica-se uma solução ou outra.

Em termos práticos pode-se, para o segundo caso, restringir-se a amplitude da área a ser mapeada, caso por exemplo da projeção UTM que está contida em fusos de 6°. Este valor foi adotado porque além desse limite a deformação passa a ter um valor significativo. Entende-se, neste caso, por significativo aquele valor que pode ser mensurado com um escalímetro num mapa, ou seja, qualquer deformação maior que o erro gráfico (0,2 mm).

#### 3.4.2.1 Escalas particulares

Observando-se ainda o segundo mapa, pode-se intuir que dependendo da direção tomada têm-se valores diferentes para a deformação. Este fato real implica no conceito de escalas particulares que é definido como sendo uma taxa de variação da escala principal ao longo de uma direção infinitamente curta. Esta taxa de variação varia conforme a direção escolhida.

Dependendo da função de projeção que se utilize, têm-se valores diferentes para as deformações, que são do tipo linear, angular e de área.

Em resumo, as escalas particulares ou fatores de deformação assumem valores máximos e mínimos e podem ocorrer:

ao longo dos meridianos	=	$h$
ao longo dos paralelos	=	$k$
ao longo das direções principais (máxima)	=	$a$
ao longo das direções principais (mínima)	=	$b$
de área	=	$p$
Angular máxima	=	$\omega$

Não obstante, existem certos pontos ou linhas onde essas deformações não ocorrem e são conhecidos como pontos ou linhas de distorção zero (pdz ou ldz ). A figura a seguir exemplifica a situação. (Fig. 3.6)

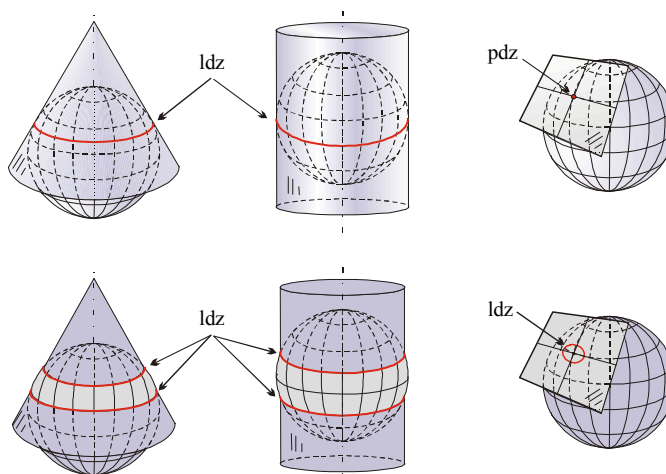


Fig. 3.6

### 3.4.3 Propriedades especiais das projeções

Apesar da escala principal só ser preservada ao longo de certos pontos ou linhas (pdz ou ldz) e as escalas particulares variarem tanto em posição como em direção num mapa, é possível criar certas combinações especiais de escalas particulares que podem ser mantidas em toda a extensão de um sistema de projeção, com exceção aos pontos singulares. Pontos singulares são aqueles onde o Teorema de Tissot não se aplica. Por exemplo, em algumas projeções os pólos aparecem como sendo linhas ao invés de pontos.

Estas propriedades classificam as projeções em conformes, equivalentes, eqüidistantes e afláticas. A tabela abaixo resume as características de cada uma das propriedades:

Propriedade	Escala particular	Efeito	Aplicação
Conformidade	$a = b$	não há deformação angular; a forma dos objetos "é mantida".	Mapas onde a medida de ângulos é importante. Ex.: Cartas Topográficas, Cartas de Navegação e Cartas Militares.
Equivalência	$a \cdot b = 1$	os ângulos são deformados, porém não há deformação de área.	Mapas onde a medida das áreas é importante. Ex.: Mapas de uso da terra, vegetação, populacionais.
Eqüidistância	$h = 1$	não há deformação segundo os meridianos.	Mapas onde a conformidade ou a equivalência não sejam primordiais. Atlas, mapas de planejamento estratégico.
	$k = 1$	não há deformação segundo os paralelos.	
Afiláticas	não apresentam nenhuma propriedade		

As projeções eqüidistantes apresentam uma característica importante, elas deformam menos os ângulos que as equivalentes e menos as áreas que as conformes, sendo então útil quando as outras duas propriedades não são necessárias.

A figura a seguir mostra as deformações sofridas pela Projeção Sinusoidal ou Projeção de Sansom-Flamsteed. Esta projeção classificada como equivalente pertence às pseudo-cilíndricas. Observa-se que ao longo do equador e do meridiano de Greenwich as Indicatrizes de Tissot são circunferências de mesmo tamanho, o que indica que estas linhas são linhas de distorção zero. Fora delas observa-se um estiramento na medida em que se aproxima do Polo Norte. (Fig. 3.7)

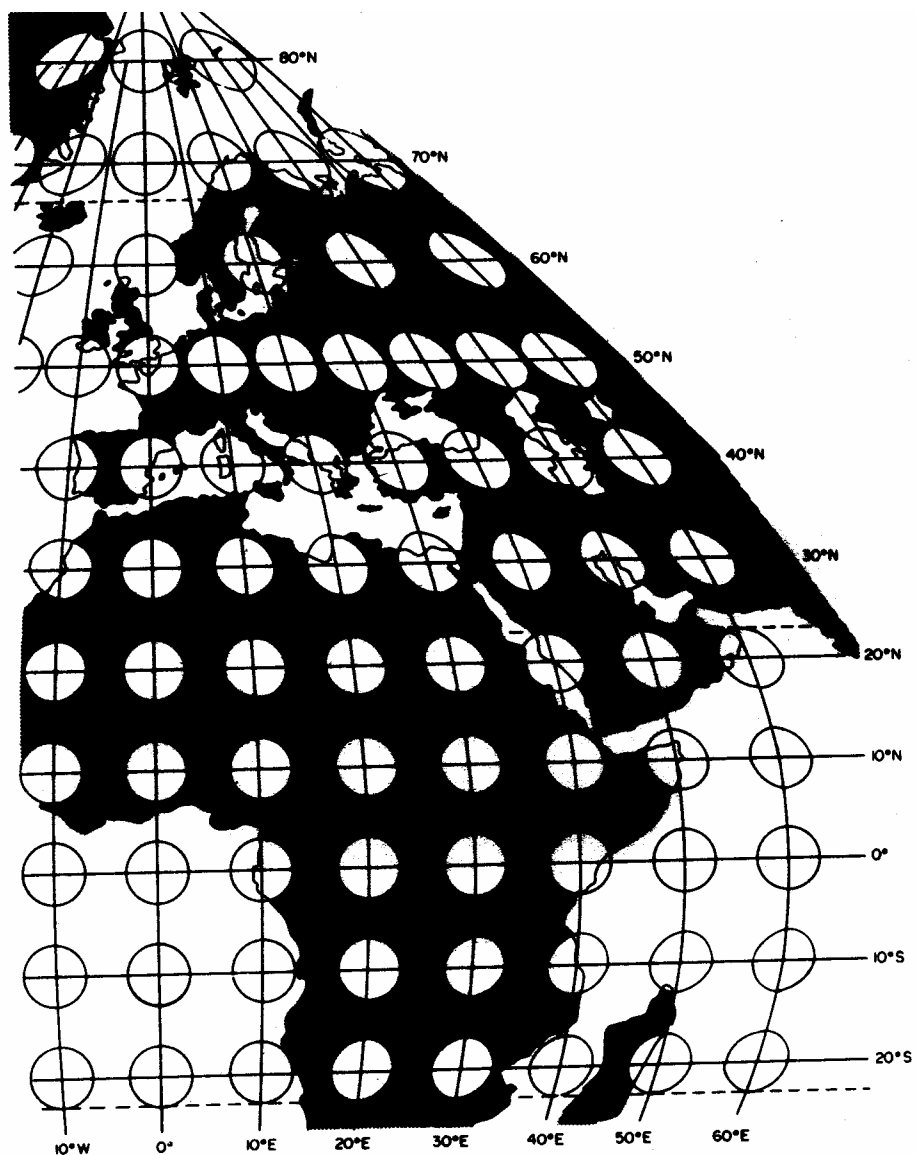


Fig. 3.7

Fonte: MALING, D.H. Coordinate Systems and Map Projections. Pergamon Press Inc. New York. 1992.

## Referências Bibliográficas – Capítulos 2 e 3

BLACHUT, T. J., CHRZANOWSKI, A., SASTAMOINE, J. H. **Urban Surveying and Mapping**. New York : Springer-Verlag,. 1979.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A . M. **Introdução à ciência da geoinformação** [online]. Junho de 2001. Available from Eorld Wide Web:< URL:http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>.

CAMPOS, A. B.; BARBALHO, M. G. S.; JÁCOMO, S. A. Identificação de níveis de terraços em imagem LANDSAT7-TM através do emprego de técnicas de processamento digital. In: Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 251-255, seção poster. Foz do Iguaçu: 21 a 26 de abril de 2001.

DAVIS, C. **Geometria computacional para SIG** [online]. Junho e 2001. Available from Eorld Wide Web: <URL:http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>.

FURTADO, Antônio L.; SANTOS, C.S. dos. **Organização de Banco de Dados**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

GEMAEL, C. **Geodésia Geométrica**. Curitiba : UFPR, 1977.

IBGE – MPO/Diretoria de Geociências / Departamento de Geodésia. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésico**: Coletânea das normas vigentes. Brasília : Preprint, 1998.

MALING, D. H. **Coordinate System and Map Projections**. London : Philip and Son, 1973. 255p

MONTEIRO, A . M.; CÂMARA, G. ; FUKS, S. **Análise espacial de dados geográficos** [online]. Junho de 2001. Available from Eorld Wide Web: <URL:http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>

PAIVA, J. A . ; CASANOVA, M. ; CARTEXO, R. ; CÂMARA, G. **Banco de dados geográfico** [online]. Junho de 2001. Available from Eorld Wide Web: URL:http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/.

PAREDES, E. A. **Sistema de informações geográficas**: princípios e aplicações (geoprocessamento). São Paulo: Érica, 1994.

QUINTANILHA, J. A. **Entrada e conversão de dados**: processos de construção de bases digitais de dados espaciais. In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, p. 29-60, 1995.

RODRIGUES, M. **SIGs e suas características no Brasil**. In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, p. 11-23, 1995.

RODRIGUES, P.H. , VILLAÇA, S. **Sistemas municipais de informações** : subsídios para a utilização de geoprocessamento. Fator GIS – Revista de Geoprocessamento, v.9, p. 35-39, 1995.