
FUNDAMENTOS DE GEOPROCESSAMENTO

FONTES:

- **Introdução ao Geoprocessamento - Gilberto Câmara / Clodovel Davis**
 - **Geoprocessamento uma Tecnologia Transdisciplinar – César Henrique Barra Rocha**
 - **Apostila de Geoprocessamento (CIV 421) - Universidade Federal de Viçosa – MG**
-

1.0 INTRODUÇÃO

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade do século passado, da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento.

Nesse contexto, o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicação, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georeferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de materiais cartográficos.

Pode-se dizer, de forma genérica, “Se onde é importante para seu negócio, então Geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho”. Sempre que o onde aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG.

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

1.1 Introdução ao Geoprocessamento.

Segundo Rodrigues (1993), Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltado para um objetivo específico.

Este conjunto possui como principal ferramenta o *Geographical Information System GIS*, considerado também como *Sistema de Informação Geográfica (SIG)*.

Para que o SIG cumpra suas finalidades, há a necessidade de dados. A aquisição de dados em Geoprocessamento deve partir de uma definição clara dos parâmetros, indicadores e variáveis, que serão necessários ao projeto a ser implementado. Deve-se verificar a existência destes dados nos órgãos apropriados (IBGE, DSG, Prefeituras, concessionárias e outros). A sua ausência implicará num esforço de geração que dependerá de custos, prazos e processos disponíveis para aquisição.

A **digitalização** é um dos processos mais utilizados para aquisição de dados já existentes. Como os custos para geração costumam ser significativos, deve-se aproveitar ao máximo possível os dados analógicos, convertendo-os para a forma digital através de digitalização manual ou automática.

A **Fotogrametria** é muito utilizada na geração de dados cartográficos. Durante muitos anos, era a única forma de mapeamento para grandes áreas. Com a evolução da informática e das técnicas de processamento digital de imagens, surgiu a Fotogrametria Digital.

Inicialmente considerado como um ramo da fotogrametria, o **Sensoriamento Remoto** emergiu com a capacidade impressionante de geração de dados. Sistemas orbitais com sensores de alta resolução, imageando periodicamente a Terra, combinados com o processamento de imagens, oferecem diversas possibilidades de extração de informações e análises temporais.

O **GPS (Global Position System ou Sistema de Posicionamento Global)**, apesar de ter sido criado para finalidades nada nobres, revelou-se um sistema extremamente preciso e rápido para posicionamento e mapeamento, apoiando também a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto.

2.0 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEGRÁFICA

2.1 A Estrutura de dados no SIG

Um sistema de Informação Geográfica (SIG) difere dos demais sistemas, pela sua capacidade de estabelecer relações espaciais entre elementos Gráficos. É o sistema mais adequado para análise espacial de dados geográficos.

Essa capacidade é conhecida como Topologia, ou seja, o estudo genérico dos lugares geométricos, com suas propriedades e relações. Esta estrutura, além de descrever a localização e a geometria das entidades de um mapa, define relações de conectividade, contigüidade e pertinência.



Estruturas de relacionamentos espaciais

A conectividade permite que arcos estejam ligados a outro por nós. A adjacência permite que arcos possuam direção e lados como esquerda e direita. A direção é importante para modelagem de fluxos, em que atributos de orientação como *de nó* e *para nó* são armazenados. Para definir a topologia de um mapa, os Sistemas de Informações Geográficas utilizam uma estrutura de base de dados especial.

Em um SIG, do mesmo modo que em sistemas CAM, todas as entidades de um mapa estão relacionadas a um mesmo sistema de coordenadas.

Além dos dados geométricos e espaciais, os Sistemas de Informação Geográfica possuem atributos alfanuméricos. Os atributos alfanuméricos são associados com os

elementos gráficos, fornecendo informações descritivas sobre eles. Os dados alfanuméricos e os dados gráficos são armazenados, geralmente, em bases separadas.

Os programas para SIG são projetados de modo a permitir exames de rotina em ambas as bases gráficas e alfanuméricas, simultaneamente. O usuário é capaz de procurar informações e associa-las às entidades gráficas e vice-versa. Perguntas do tipo: "Quais lotes da parte leste da cidade são maiores que um hectare e destinado ao uso industrial?" podem ser solucionadas pelo sistema. A resposta pode ser dada através da listagem dos números dos lotes ou da identificação dos lotes no mapa da cidade.

O SIG reúne as seguintes características:

- Ter capacidade para coletar e processar dados espaciais obtidos a partir de fontes diversas, tais como: levantamentos de campo (incluindo o sistema GPS), mapas existentes, fotogrametria, sensoriamento remoto e outros;

- Ter capacidade para armazenar, recuperar, atualizar e corrigir os dados processados de uma forma eficiente e dinâmica;

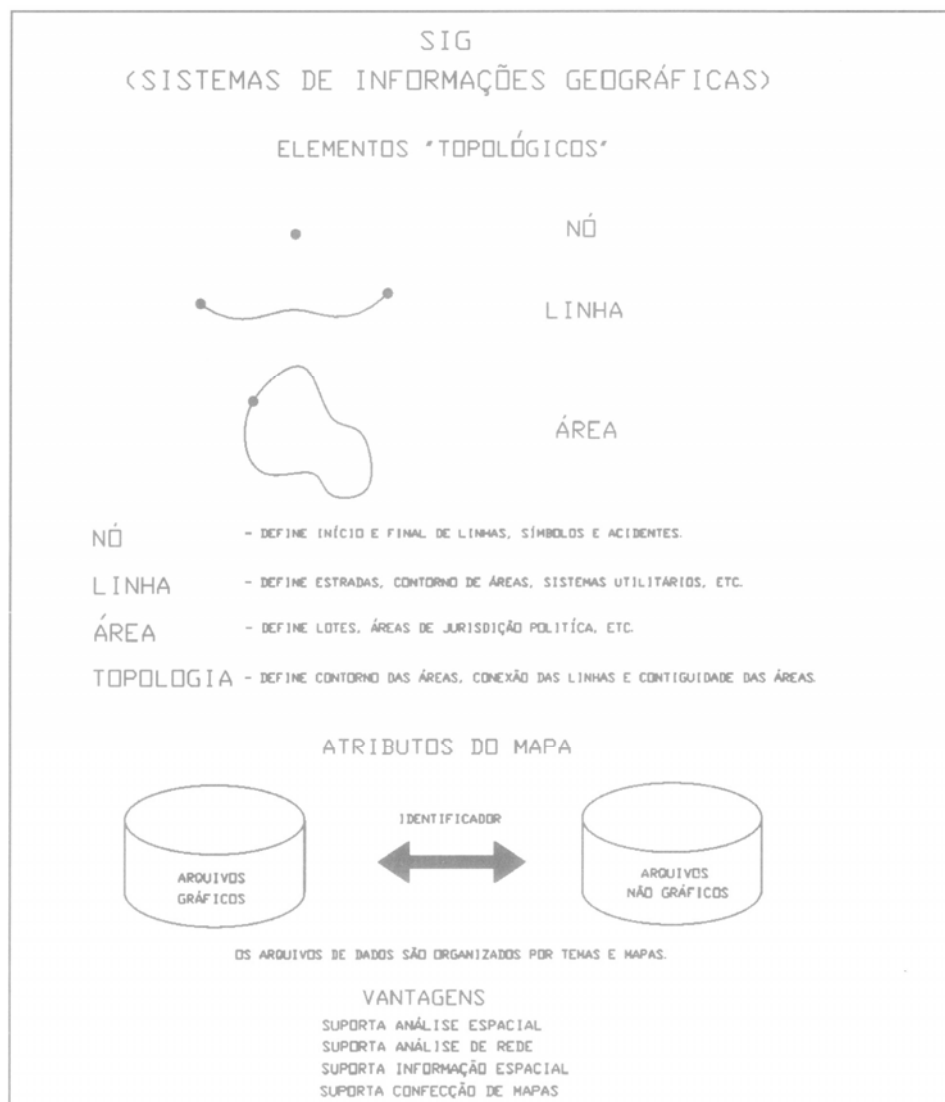
- Ter capacidade para permitir manipulações à realização de procedimentos de análise dos dados armazenados, com possibilidade de executar diversas tarefas, tais como, alterar a forma dos dados através de regras de agregação definidas pelo usuário, ou produzir estimativas de parâmetros e restrições para modelo de simulação e gerar informações rápidas a partir de questionamentos sobre os dados e suas inter-relações;

Os dados utilizados em SIG podem ser divididos em dois grandes grupos:

- **dados gráficos, espaciais ou geográficos**, que descrevem as características geográficas da superfície (forma e posição) e;

- **dados não gráficos, alfanuméricos ou descritivos**, que descrevem os atributos destas características.

- Ter capacidade para controlar a exibição e saída de dados em ambos os formatos, gráfico e tubular. A figura abaixo ilustra a estrutura de um SIG.



Estrutura de dados de um SIG

2.2 DADOS ESPACIAIS

Existem basicamente duas formas distintas de representar dados espaciais em um SIG: Vetorial (Vector) e Matricial (Raster).

2.2.1 VETORIAL

Os mapas são abstrações gráficas nas quais linhas, sombras e símbolos são usados para representar as localizações de objetos do mundo real. Tecnicamente falando, os mapas

são compostos de pontos, linhas e polígonos. Internamente, um SIG representa os pontos, linhas e áreas como conjunto de pares de coordenadas (X,Y) ou (LONG/LAT). Os pontos são representados por apenas um par. Linhas e áreas são representadas por seqüências de pares de coordenadas, sendo que nas áreas o ultimo par coincide exatamente com o primeiro.

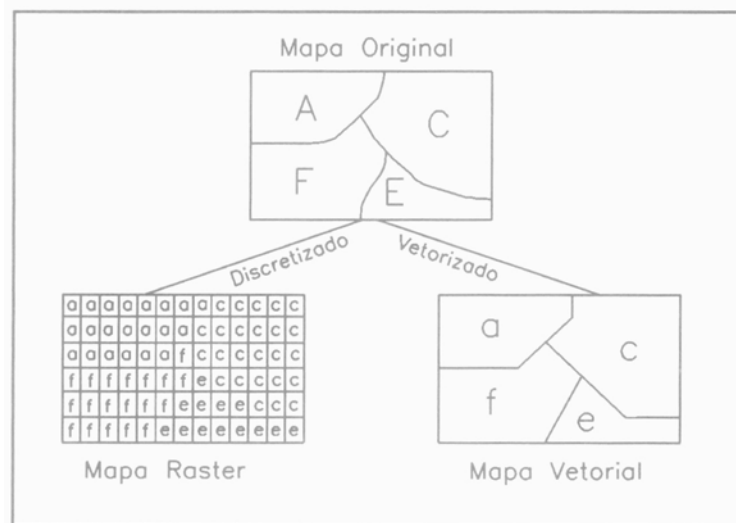
Desta forma, são armazenadas e representadas no SIG as entidades do mundo real que são representáveis graficamente, no modelo vetorial. Esta forma de representação é também utilizada por softwares CAD e outros. No entanto, o SIG precisa ser capaz de extrair mais resultados destas informações. Deve ser capaz, por exemplo, de determinar se a edificação está totalmente contida no lote e indicar qual é o lote que contém o registro de água. Para isto os SIGs contam com um conjunto de algoritmos que lhes permitem analisar topologicamente as entidades espaciais.

2.2.2 MATRICIAL

O outro formato de armazenamento interno em uso pelos SIGs é o formato matricial ou raster. Neste formato, tem-se uma matriz de células, às quais estão associados valores, que permitem reconhecer os objetos sob a forma de imagem digital. Cada uma das células, denominadas pixel, endereçável por de suas coordenadas (linha, coluna).

É possível associar o par de coordenadas da matriz (coluna, linha) a um par de coordenadas espaciais, (x,y) ou (longitude, latitude). Cada um dos pixels estão associados a valores. Estes valores serão sempre números inteiros e limitados, geralmente entre 0 e 255. Os valores são utilizados para definir uma cor para apresentação na tela ou para impressão.

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



Estrutura Matricial e Vetorial

Comparação entre a estrutura vetorial e matricial

(Adaptada de Câmara & Medeiros, 1998)

A tabela abaixo apresenta uma comparação entre as estruturas vetorial e matricial, sob vários aspectos.

ASPECTOS	FORMATO VETORIAL	FORMATO RASTER
Relações espaciais entre objetos	Armazena informações sobre relacionamentos.	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos.
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributo a elementos gráficos.	Associa atributos apenas à classe do mapa.
Análise, simulação e modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos. Álgebra de mapas é limitada.	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço. Simulação e modelagem mais fáceis.
Escala de trabalho	Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	Mais adequado para pequenas escalas.
Algoritmos	Problemas com erro geométrico.	Processamento mais rápido e eficiente.
Armazenagem	Por coordenadas (mais eficiente).	Por matrizes.
Aplicações	Redes: Concessionárias de Água, Esgoto, Lixo, Energia, Telefonias, Transportes, etc.	Ambientais: Diagnóstico, Zoneamento, Planejamento, Gerenciamento, Manejo, Gestão Ambiental, etc.

Tipo de Dado	Vantagem	Desvantagem
Raster	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Estrutura de dados simples ◆ Compatível com dados obtidos por Scanner ou Sensor Remoto ◆ Procedimentos simples de análise espacial 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Requer grande espaço de armazenamento ◆ Dependendo da resolução do pixel o produto final pode não ser satisfatório. ◆ Transformação de Sistemas de Projeção mais complexa ◆ Maior dificuldade para representar relações topológicas
Vetor	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Requer pouco espaço de armazenamento ◆ Facilidade na representação das relações topológicas ◆ Produto Final superior aos produzidos manualmente ◆ Permite a criação de overlays sobre imagens 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Estrutura de dados mais complexa ◆ À -priori não é compatível com dados obtidos por sensores remotos ◆ Software e Hardware necessários são frequentemente mais caros. ◆ A análise espacial é mais complexa

2.3 DADOS ALFANUMÉRICOS

Os dados alfanuméricos ainda podem ser subdivididos em dois tipos:

- Atributos dos Dados Espaciais;
- Atributos Georreferenciados.

2.3.1 ATRIBUTOS DOS DADOS ESPACIAIS

São os atributos que fornecem informações descritivas acerca de características de algum dado espacial. Estão ligados aos elementos espaciais através de identificadores comuns, normalmente chamados de geocódigos, que estão armazenados tanto nos registros alfanuméricos como nos espaciais.

Podem fornecer informações qualitativas ou quantitativas associadas às feições espaciais pontos, linhas ou áreas representadas na base de dados. Um exemplo da feição

ponto seriam postes de uma concessionária de energia. Pode-se ter um arquivo de atributos alfanuméricos com informações do tipo de poste, material, diâmetro, estado de conservação, etc. No caso de linhas, tem-se o exemplo de uma rede de abastecimento de água, que permitiria um arquivo associado com informações sobre o tipo de rede, material, diâmetro, estado de conservação, vazão; ou caso de uma estrada, com informações do número de faixas, condições do pavimento e número de acidentes em cada trecho.

Análises do tipo: mostre-me todos os postes de concreto, todas as redes de determinado diâmetro ou vazão, ou número de acidentes por trecho de estrada, são facilmente executadas pelo SIG.

2.3.2 ATRIBUTOS GEOREFERENCIADOS

Como o próprio nome diz, são dados onde a preocupação é apenas georeferenciar alguma característica específica, sem descrever as suas feições espaciais.

Como exemplos têm-se os relatórios de acidentes de uma estrada, que estão associados à estrada, ou os relatórios de crimes, associados por delegacia ou bairro. Neste caso, a entidade estrada não poderia ser dividida em trechos com mais ou menos, como no exemplo do item anterior. Estes dados são armazenados e gerenciados em arquivos separados, sendo associados à base espacial através de registros.

2.4 COMPONENTES DE UM SIG

O SIG compreende quatro elementos básicos que operam em um contexto institucional: hardwares, software, dados e profissionais.

O *hardware* pode ser qualquer tipo de plataforma computacional, incluindo computadores pessoais, *workstations* e mini-computadores de alta performance. Quanto aos periféricos de entrada, são utilizados mesas digitalizadoras, *scanners*, drives de fita, câmaras digitais, restituidores fotogramétricos, instrumentos topográficos eletrônicos, GPS e outros. No que se refere aos periféricos de saída, têm-se monitores, *plotters* e impressoras.

O *software* de SIG é desenvolvido em níveis sofisticados, constituído de módulos que executam as mais variadas funções.

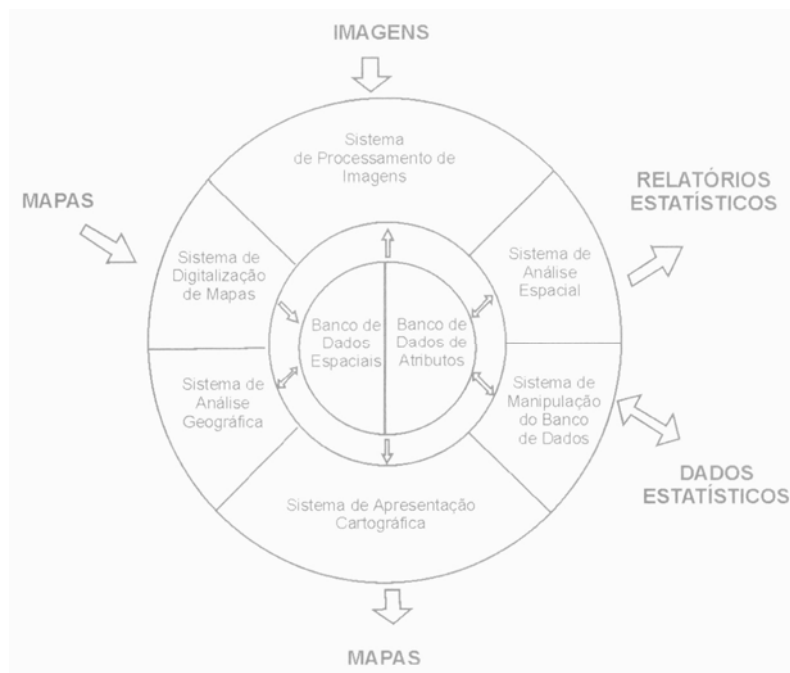
O dado é o elemento fundamental para o SIG. Os dados geográficos são muito dispendiosos para coleta, armazenamento e manipulação, pois são necessários grandes volumes para solucionar importantes problemas geográficos.

Contudo, o elemento mais importante do SIG é o profissional, a pessoa responsável pelo seu projeto, implementação e uso. Sem pessoas adequadamente treinadas e com visão do contexto global, dificilmente um projeto de SIG terá sucesso.

2.5 CARACTERÍSTICAS DE UM SIG

Atualmente, existe um grande número de Sistemas de Informações Geográficas, com características as mais variadas possíveis em termos de tipos de estruturas de dados, modelos de banco de dados, sistemas de análise e outras. Apesar de possuírem habilidades diferentes, existem alguns módulos presentes na maioria destes programas. Estes módulos são:

- Sistemas de Aquisição e Conversão dos Dados;
 - Banco de Dados Espaciais e de Atributos;
 - Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD);
 - Sistema de análise Geográfica;
 - Sistema de Processamento de Imagens;
 - Sistema de Modelagem Digital do Terreno – MDT;
 - Sistema de Análises Estatísticas;
 - Sistema de Apresentação Cartográfica.
-



Características de um SIG

2.5.1 SISTEMA DE AQUISIÇÃO E CONVERSÃO DE DADOS

Os sistemas de aquisição são constituídos de programas ou funções de um programa que possuem capacidade de importar os formatos de dados disponíveis. Os processos de aquisição de dados serão tratados mais a frente.

A conversão de dados representa um conjunto de técnicas de fundamental importância para um sucesso de SIG. Neste contexto, conversão de dados é uma expressão que identifica o trabalho de transformação de informações que estão disponíveis em um determinado meio para outro. Naturalmente, como se está tratando de sistemas informatizados, o resultado dos trabalhos de conversão é um banco de dados, seja ele gráfico, alfanumérico ou ambos. O material original poderá ser composto de registros manuais (fichas, mapas, plantas, croquis) ou mesmo armazenado em meio magnético.

Resumindo, existem quatro fatores a considera em trabalhos de conversão de dados, são eles:

- Informação a converter;
- Organização do processo;
- Pessoas envolvidas;

-
- Tecnologia utilizada.

2.5.2 BANCO DE DADOS

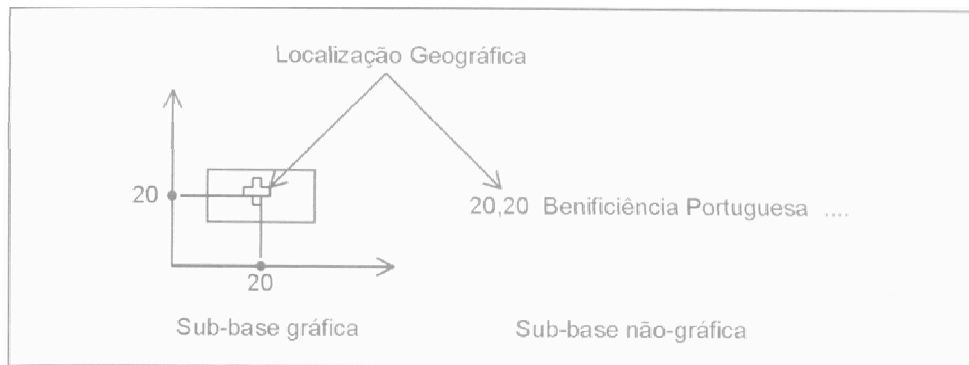
Os Bancos de dados são formados pelo *banco de dados espaciais*, descrevendo a forma e a posição das características da superfície do terreno, e o *banco de dados de atributos*, descrevendo os atributos ou qualidades destas características. Em alguns sistemas, o banco de dados espaciais e o de atributos são rigidamente distintos. Em outros, são integrados em uma entidade simples, conhecida como *coverage*. A seguir, será vista a associação através de um geocódigo, através da localização geográfica (ponteiro) e a estrutura *coverage*.

O método mais comum de se estabelecer a ligação entre duas bases de dados é através do armazenamento de identificadores comuns a cada uma delas. Estes identificadores podem ser códigos que relacionem os dados univocamente – geocódigo, como é apresentado na figura abaixo, em que o código 999 serve de elo entre as duas sub-bases.



Relacionamento entre dados através de um geocódigo

A ligação entre as duas bases de dados pode ser feita, também, por meio de indicação da localização geográfica através de ponteiros. Neste caso, inclui-se um campo, nos registros da sub-base de dados alfanuméricos, contendo as coordenadas que determinam a localização da feição física associada. Na figura a seguir, a entidade exemplificada contém um campo, no registro da sub-base alfanumérica, com as coordenadas da sua localização geográfica e que serve de conector entre as duas sub-bases de dados.



Relacionamento entre dados através da localização geográfica - ponteiros

Um outro exemplo, aplicando a estrutura anterior, seria o tipo de solo, onde a simples enunciação da classe não identificaria sua ocorrência, pois o mesmo tipo de solo pode ocorrer em localizações geográficas distintas. Como a descrição do perímetro de cada ocorrência é única, basta utilizar um ponteiro para localizar o perímetro de cada uma das classes de solo na base de dados espacial.

As bases de dados gráficas *coverage* contêm dados espaciais e atributos. Os atributos são armazenados em tabelas de atributos. Elas contêm informações sobre as entidades nos temas. Cada linha nestas tabelas está ligada a uma entidade de base gráfica através de um identificador. Cada entidade na base gráfica pode estar ligada a um elemento no desenho através de um vínculo entidade – elemento. Esta estrutura é utilizada em diversos programas de SIG.

3.0 AQUISIÇÃO DE DADOS EM GEOPROCESSAMENTO

O Geoprocessamento é também um conjunto de tecnologias de coleta de dados. Sua principal ferramenta, representada pelo SIG, não cumprirá suas funções se não existirem dados disponíveis e em condições de serem utilizadas.

Determinados dados, em razão de elevados investimentos envolvidos em sua obtenção, seriam impensáveis de serem obtidos por indivíduos isolados, sem o apoio de instituições que possam financiar tais custos. Outras vezes, tais dados não estão disponíveis

(inexistem ou simplesmente não são disponibilizados), obrigando sua geração por diversos processos como a digitalização. Muitas vezes, na ausência de determinado dado, opta-se por substituí-lo de modo a atingir um resultado satisfatório, logicamente com menor precisão. Neste caso, tenta-se utilizar mais variáveis para conseguir uma convergência de fatores que consiga minimizar o efeito pela falta daquele dado.

Portanto, visando minimizar os problemas nesta etapa de aquisição de dados, pode-se dividi-la em três partes:

- Definição de parâmetros, indicadores e dados necessários;
- Verificação dos Dados Existentes;
- Geração de Dados Digitais.

3.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS, INDICADORES E DADOS NECESSÁRIOS.

A definição dos parâmetros, indicadores e dados necessários está obviamente relacionada com os objetivos do trabalho que se quer desenvolver. Diante disso, a equipe deverá definir quais dados espaciais e alfanuméricos serão relevantes para fazer as análises pretendidas.

O parâmetro pode ser considerado como uma medida aproximada de alguma característica do mundo real. Os indicadores são a representações quantificadas desse parâmetro e dependem de dados do mundo real.

Um exemplo está citado a seguir, adaptado do Programa de ZEE / RJ (1998). Na construção do Mapa de Potencial Social, foram utilizados vários parâmetros, entre eles, o *Potencial Humano*. Esse parâmetro foi quantificado através dos seguintes indicadores:

Infra-estrutura Hospitalar	→	nº de habitantes / leitos hospitalares;
Sobrevivência Infantil	→	nº de óbitos com menos de 1 ano / vivos;
Abastecimento de Água	→	nº de residências abastecidas / total;
Saneamento Básico	→	nº de residências atendidas / total;
Coleta de Lixo	→	nº de residências atendidas / total;
Alfabetização	→	nº de alfabetizados / população > 5 anos.

Contudo, deve-se ter cuidado com problemas de superestimar ou subestimar os dados necessários. A possibilidade de superestimar de dados leva a um gasto excessivo, desperdiçando dinheiro, tempo e algumas vezes impossibilitando a realização do trabalho. Em contraposição, não se pode subestimar a magnitude do problema de coleta e gerenciamento de dados. Determinados dados são indispensáveis e precisam ser coletados segundo critérios que mantenham a sua integridade e capacidade de fornecer informação.

Segundo Rodrigues (1990), a definição das necessidades de informação corresponde ao estabelecimento de quais aspectos da realidade que se apresentam nos interessam e é possível observar (estudar). Para satisfazer estas necessidades, há de se coletar dados que, quando considerados em associação com nossos modelos, constituirão informação. Há, portanto, que se especificarem dados para a coleta, ou seja, definir os entes e atributos de nosso interesse e a forma de sua mensuração.

3.2 VERIFICAÇÃO DOS DADOS EXISTENTES

Esta verificação deve contemplar a existência do dado e se está em condições de ser utilizado. Abordar-se-ão os dados espaciais e alfanuméricos.

3.2.1 DADOS ESPACIAIS

3.2.1.1 ÓRGÃOS PRINCIPAIS

Os dados espaciais existentes têm como fontes principais:

1) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) como organizações responsáveis pelo mapeamento sistemático de todo o território nacional. A diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e o Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) para trabalhos específicos;

2) Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), Instituto de Terras (caso do Planejamento Rural), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Estadual de Florestas (IEF) e outras instituições Federais Estaduais;

3) Prefeituras Municipais e órgãos associados;

4) Universidades e Institutos de Pesquisa, através de estudos e pesquisas já realizados e em execução sobre diversos campos, em especial sobre Geoprocessamento, permitindo a utilização de dados já em formato digital.

No caso do IBGE e da DSG, a base cartográfica é composta pelas folhas do Sistema Cartográfico Nacional (SCN), em escalas de 1:1.000.000 (Projeção Cônica Conforme de Lambert) e 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 (Projeção UTM), constando das seguintes categorias ou níveis de informação:

- hipsografia (curvas de nível);
- limites;
- pontos de referência;
- hidrografia;
- vegetação;
- localidades;
- sistemas de transporte;
- obras de edificações.

Outros dados complementares poderão ser obtidos nos seguintes órgãos:

- Geologia (DNPM, CPRM e universidades);
 - Solos e Pedologia (EMBRAPA e universidades);
 - Uso e Cobertura do Solo (Fundação CIDE, IEF, GeoMinas);
 - Dados de GPS;
 - Lineares, como estradas, junto ao DNER ou DER;
 - Pontuais (Hospitais, Escolas, etc.), junto ao IBGE e prefeituras;
 - Fotografias Aéreas e Ortofotos (DSG, IBGE e empresas privadas);
 - Imagens de Satélites (INPE e empresas de Sensoriamento Remoto).
-

3.2.1.2 AS BASES DIGITAIS

Está em fase de implementação no IBGE a Mapoteca Topográfica Digital. Nesta MTD foi retirada a escala de 1:500.000 do SCN e acrescentadas as escalas de 1:2.500.000 até 1:30.000.000, armazenadas no Projeto Brasil (IBGE,1997).

Devido à topologia, as bases digitais formadas em um sistema raramente podem ser convertidas para outro. Na maioria das vezes, há necessidade de novamente construir a topologia sobre os arquivos DXF (no caso vetorial) ou GeoTIFF (no caso raster, pois ainda não se tem um formato universal), de acordo com as peculiaridades do SIG que está sendo utilizado.

Este problema é maior na medida em que aplicações mais complexas exigem o uso de mais de um Sistema de Informação Geográfica, tendo em vista o custo dos aplicativos disponíveis no mercado.

Contudo, tanto as bases digitais como as analógicas precisam ser verificadas. Segundo Carvalho Filho (1995), tem-se uma série de itens que devem ser cuidadosamente vistoriados a fim de que possam ser identificadas suas inconsistências, para uma possível adaptação. Estes critérios podem ser subdivididos em dois tipos: fontes de variação e incongruências.

3.2.1.3 FONTES DE VARIAÇÃO

Nesta parte da vistoria, a experiência do usuário será ainda mais valiosa, uma vez que requer um conhecimento abrangente sobre as diferentes formas de tratamento e natureza dos dados, que possuem diferentes origens, definições, momentos, técnicas e formas de mensuração (Carvalho Filho, 1995).

As instituições geradoras abordam a realidade segundo definições, critérios e padrões associados à sua estrutura, pessoal, equipamentos, etc. Portanto, deve-se atentar para o enfoque de cada uma destas instituições, de modo a utilizar o melhor dado que ela tem. Um exemplo pode ser o seguinte: um dado de estradas estaduais de Minas Gerais deve ser obtido junto ao DER/MG e não junto ao IBGE.

Uma outra questão deve ser lembrada é a questão de integração da informação através da escala, resolução e unidades de integração.

A projeção, o sistema de coordenadas e o datum de referência devem ser analisados com cautela. Estas informações são encontradas ***nas legendas das cartas*** ou num arquivo digital chamado ***metadado*** (informação sobre o dado). Deve-se trabalhar com uma única referência utilizando programas de conversão para converter dados de outros sistemas para o adotado. As diferenças encontradas quando não se observa esta característica podem ser inviabilizar todo o trabalho.

A data de confecção dos dados existentes também deve ser observada. Com o avanço do conhecimento, podem introduzir modificações conceituais, técnicas e metodologias que alterarão o significado dos dados. A própria realidade encontra-se em constante processo de mutação, exigindo que sejam utilizados dados mais recentes possíveis. O Sensoriamento Remoto tem colaborado muito nesta questão.

4.0 DADOS ALFANUMÉRICOS

4.1 ÓRGÃOS PRINCIPAIS

Estes dados são geralmente originários de prefeituras (cadastro técnico municipal, imobiliário, de sinalização viária, de escolas, de hospitais e postos de saúde), de concessionárias (saneamento, energia e telefonia), de atividades econômicas (serviços, comércio e indústria) e principalmente de dados demográficos (IBGE).

A) Prefeituras

No caso das prefeituras, as informações dependerão do seu nível de organização. Algumas prefeituras possuem um setor exclusivo para processamento de dados, como por exemplo, a PRODABEL em Belo Horizonte. Contudo, estes órgãos são vítimas das nuances políticas e, mesmo com funcionários permanentes, costumam ter sérios problemas na implementação de trabalhos estruturais como o de manter uma base de dados alfanuméricos atualizada.

Alguns impostos como IPTU e o ISS, poderiam forçar estes órgãos a manter uma rotina de manutenção da base de dados. Contudo, nem as cidades pequenas conseguem andar em dia com suas bases, perdendo em arrecadação.

B) Concessionárias

Numa perspectiva mais positiva, as concessionárias de água, esgoto, lixo, energia e telefonia são verdadeiros depositários de informações alfanuméricas. São empresas com receita garantida e que precisam, por questões comerciais, manter seus bancos de dados sempre atualizados. Devido a essa duas razões, as concessionárias costumam a ter mais dados que as próprias prefeituras e, em algumas situações, que o próprio IBGE.

Por estes dados estarem atualizados, eles são utilizados em diversas situações como parâmetros para substituir dados indisponíveis. Por exemplo, na ausência de dados de renda por residência, pode-se utilizar o parâmetro consumo de energia ou valor da conta de telefone por domicílio. No caso de bairros, pode-se utilizar o parâmetro quantidade de lixo orgânico, plástico ou vidro. Isto deve ser feito, checando-se a confiabilidade destes dados e suas reais potencialidades de se tornarem informações e ganho de conhecimento no trabalho a ser realizado.

C) Dados Demográficos

Segundo Davis Jr & Fonseca (1997), a informação demográfica dá vida ao Geoprocessamento. De pouco adianta ter informações espaciais detalhadas sobre uma série de fenômenos, se não puder correlacionar essas informações à variável humana. A ocupação humana do espaço aparece, em graus variáveis de importância, em quase todas as classes de problemas de geoprocessamento.

No Brasil, o órgão responsável pelas informações cartográficas e demográficas é o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O IBGE produz informações através do Censo e outras pesquisas de campo, em que sempre se especifica uma unidade espacial básica. No caso do Censo, esta unidade é o setor censitário. Para cada setor censitário, o IBGE dispõe de todas as informações coletadas, tais como quantidade de homens e mulheres, faixas etárias, faixas de renda, estrutura familiar, infra-estrutura, características construtivas e outras. Estas informações são posteriormente agregadas em diferentes níveis, tais como setor censitário, distrito, município e estado.

Não existe uma unidade espacial de integração e divulgação da informação censitária, uma vez que a maioria destes dados está sistematizada por setor ou município,

não atendendo a diversas situações. Este é mais um problema a ser superado na questão dos dados alfanuméricos.

Contudo, dados alfanuméricos estatísticos e demográficos tornam-se muito mais inteligíveis quando espacializados. Em certas situações, pode-se dizer que estes dados passaram a ganhar vida, pois passaram a ser realmente úteis para a aquisição de conhecimento sobre algum fenômeno analisado. Completando o que disse Davis Jr & Fonseca, a informação demográfica dá vida ao geoprocessamento, que por sua vez dá vida aos dados demográficos, espacializando-os e tornando-os, informações úteis para tomada de decisão.

4.2 VISTORIA DOS DADOS ALFANUMÉRICOS

A qualidade deste dado é muito mais difícil de ser aferida, pois depende do órgão responsável, dos processos de coleta e manutenção desta base em arquivos analógicos ou digitais.

No caso analógico, tem que se verificar a qualidade dos originais para poder planejar a entrada destes no SIG, através de digitação via teclado.

Para os dados digitais é importante saber a estrutura do banco de dados e se o software de banco de dados deste órgão tem interface com o SIG utilizado ou vice-versa.

Na verdade, são estas características que podem ser verificadas, pois estes dados são volumosos, tornando-se humanamente impossível uma verificação visual nos relatórios ou me tela.

Quando estiverem no formato digital, a espacialização torna-se uma alternativa, contando que existam outros parâmetros para aferição da sua validade.

4.3 GERAÇÃO DE DADOS DIGITAIS PARA SIG

Tendo em vista os dados necessários e os dados disponíveis, tem-se o esforço de geração dos dados. A geração destes dados deve ser analisada com cautela, pois dependerá de recursos disponíveis e do cronograma para execução do trabalho.

Para os dados alfanuméricos, existe apenas o processo de digitalização via teclado, o qual dispensa maiores explicações.

Para geração dos dados espaciais a nível digital, existem basicamente quatro processos: Digitalização, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e os levantamentos de campo, destacando-se o Sistema de Posicionamento Global – GPS. Os Modelos Digitais do Terreno também geram dados para geoprocessamento.

4.3.1 DIGITALIZAÇÃO

A Digitalização é o processo de transferência das informações gráficas em papel (mapas ou fotos já existentes) para a forma digital. Pode-se utilizar o *processo manual, através de uma mesa digitalizadora* ou *instrumento fotogramétrico*, ou o *processo automático, através de um scanner*.

As técnicas usadas para essa transformação são a *digitalização manual*, que gera mapa na estrutura vetorial, e *digitalização automática*, também chamada de rasterização, que resulta em mapas na estrutura matricial (raster).

A estrutura de dados eleita para a manipulação de das bases digitais não é necessariamente uma condicionante na escolha do método de digitalização dos dados. A maioria dos programas de Geoprocessamento atuais permite a transformação entre formatos matricial e vetorial e vice-versa. Assim, um dado pode ser digitalizado num formato e armazenado ou manipulado em outro formato, de acordo com a aplicação a que se destina.

Portanto, a escolha do processo deve ser direcionada considerando-se uma série de parâmetros, entre eles: tempo de aquisição, custo, natureza das aplicações e fontes de dados disponíveis.

4.3.2 FOTOGRAMETRIA

Segundo Wolf (1983), a Fotogrametria pode ser definida como sendo a arte, a ciência e a tecnologia de se obter informações confiáveis de objetos físicos e do meio ambiente, através de fotografias, por medidas e interpretações de imagens e objetos.

A partir desta definição, a Fotogrametria pode ser dividida em duas áreas distintas:

A) Fotografia Métrica: envolve medidas precisas e computacionais para determinar a forma e as dimensões dos objetos. É aplicada na preparação dos mapas planimétricos e topográficos;

B) Fotogrametria Interpretativa: ocupa-se com o reconhecimento e identificação dos objetos. A Fotogrametria Interpretativa divide-se em:

- **Fotointerpretação:** envolve estudos sistemáticos de imagens fotográficas, com finalidade de identificar objetos.

- **Sensoriamento Remoto:** semelhante à Fotointerpretação, aplicado para reconhecimento e identificação de objetos, sem contato físico com eles, em que aviões e satélites são as plataformas mais comuns.

Pode-se, ainda, classificar a Fotogrametria em duas outras categorias:

- **Fotogrametria Terrestre:** as fotografias são tomadas a partir de câmeras localizadas na superfície da terra.

- **Fotogrametria Aérea ou Aerofotogrametria:** as fotografias são tomadas a partir de câmeras localizadas numa estação no espaço (por exemplo: balão, avião, satélite etc.). É a categoria mais utilizada para geração de bases cartográficas.

4.3.3 SENSORIAMENTO REMOTO

O termo Sensoriamento refere-se à aquisição de informação sobre um objeto por um sensor que está a certa distância desse objeto (Mather, 1999). Devido a suas diferentes propriedades físicas e composições químicas, a variedade de materiais na superfície da terra emite, reflete ou absorve a radiação eletromagnética em diferentes formas. Sensores são, então, capazes de registrar o comportamento destes diferentes materiais quando da

interação com o fenômeno físico ao longo do espectro eletromagnético, e estabelecer a relação existentes entre eles, o qual pode ser entendido e interpretado através das técnicas de processamento de imagens.

Durante muito tempo a maioria dos mapeamentos de recursos naturais tem sido feitos usando o Sensoriamento Remoto. Fotografias aéreas têm sido usadas para produzir virtualmente todos os tipos de mapas topográficos, geológicos, florestais, uso do solo, etc. Mais recentemente, imagens digitais tem sido usadas também para este fim. Torna-se oportuno, então, deixar bem clara a diferença entre fotografia e imagem de satélite. A Fotografia é gerada pela sensibilização química de um papel fotográfico. A imagem é gerada pelo sensor que detecta (quantifica eletronicamente) a quantidade de energia enviada ou refletida pelos objetos.

Imagens digitais são representações digitais de uma porção da superfície da terra. Uma imagem digital também pode ser vista como uma matriz de pontos (ou pixels) com n linhas por m colunas, onde o valor de cada elemento representa a magnitude do total de energia eletromagnética refletida e emitida por uma área de locação específica na superfície da terra. Consequentemente poderemos aplicar uma variedade de técnicas de processamento digital de imagens para esta matriz numérica.

Quando a energia eletromagnética, tal como a radiação solar, ilumina objetos na superfície da terra e interage com eles, parte da energia é *absorvida* pelo objeto (por exemplo, quando um objeto aumenta a temperatura, ele absorve energia), parte é *transmitida* através do objeto, outra parte é *refletida* de volta pelo objeto, e parte é *emitida* de pelo próprio objeto (quando nós sentimos o calor de um objeto quente). A energia *refletida* e *emitida* de volta por um objeto é que estará disponível para detecção. É importante notar que as características destes materiais na superfície da terra não são detectadas diretamente pelo sensor. Na realidade, as informações sobre o objeto podem ser inferidas das propriedades da radiação eletromagnética incidente que é refletida, ou emitida por estes objetos na superfície da terra e registradas pelo sensor. Sensoriamento Remoto é a arte e ciência de inferir informações sobre objetos, pela análise da energia enviadas por ele.

Segundo Crosta (1992), o objetivo principal do processamento de imagens é fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas dedicados de computação são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens originais

(brutas). O resultado desse processo é a produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens originais.

As técnicas de processamento de imagens tiveram um avanço considerável nas últimas décadas, dado ao volume de imagens geradas por satélites orbitais. Sabe-se que, até o momento, menos da metade das imagens enviadas por satélites foram vistas por olhos humanos. Tais imagens, se processada em tempo hábil, serão de grande importância para o nosso cotidiano, podendo servir desde dados relevantes para previsão do tempo até como estatísticas que serão de grande influência para a tomada de decisões.

O Sensoriamento Remoto através de imagens orbitais também é conhecido pelo relativo baixo custo de seus produtos, quando comparado com tradicionais métodos fotogramétricos e topográficos. Outra vantagem apresentada por esta tecnologia é a frequência com que cada região na superfície da terra é visitada (coberta), o que possibilita o monitoramento temporal de fenômenos e recursos naturais. Em adição, as novas gerações de satélites estão produzindo dados com alta resolução espacial, levando esta tecnologia do Sensoriamento Remoto a se aplicada numa variedade de áreas do conhecimento e enfatizando a necessidade de formas automáticas para o processamento e análises de imagens.

4.3.4 GPS (SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL)

Até recentemente, os processos de levantamento de dados de campo para aquisição de bases cartográficas baseavam-se na utilização de medidas de ângulos e distâncias terrestres para atingir seus objetivos. Uma das restrições mais severas era a necessidade de haver intervisibilidade entre os pontos a serem medidos. Além disso, os métodos clássicos quase sempre dividiam as observações em uma componente horizontal e outra vertical, acarretando discrepância nos resultados, devido ao trabalho em sistema diferentes.

A partir da aparição dos primeiros satélites artificiais, os geodestas rapidamente descobriam as vantagens de utilizá-los como pontos espaciais geodésicos de referência e eles passaram, imediatamente, a ser utilizados no estabelecimento de redes geodésicas.

O primeiro sistema de satélites colocado à disposição do meio civil foi o sistema de satélites TRANSIT, disponível para tal desde 1967; e permite a determinação de pontos com

a precisão da ordem do decímetro. Esse sistema está sendo utilizado, principalmente, para a navegação, a prospecção de recursos naturais e para o controle de redes geodésicas.

Essa situação mudou com o aparecimento, em 1973, do sistema NAVSTAR / GPS- Navigation System Using Time and Ranging ou Global Positioning System - , que permite alcançar melhores precisões.

O sistema de posicionamento Global – GPS foi projetado e desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano. As intenções iniciais eram utilizá-lo, principalmente, para a navegação com propósitos militares. Somente com a descoberta da grande precisão do sistema e com o aumento da eficiência dos receptores é que ele passou a ser também utilizado pela comunidade civil.

O GPS consiste, atualmente, de 24 satélites, os quais estão distribuídos em 6 órbitas planas. Cada plano possui uma inclinação de 55° em relação ao plano do Equador. Todos os satélites estão a cerca de 20.200 km acima da Terra e completam uma revolução inteira, em torno da Terra, a aproximadamente cada 11 horas e 58 minutos.

A constelação atual de satélites GPS garante a denominada cobertura bidimensional, ou seja, a todo instante, em qualquer lugar da superfície terrestre, pelo menos quatro satélites podem ser observados.
