

**CONCEITOS BÁSICOS  
DE SISTEMAS DE  
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA  
E CARTOGRAFIA  
APLICADOS À SAÚDE**

**MARIA DE FÁTIMA DE PINA  
SIMONE M. SANTOS**

**COORDENAÇÃO:**

**MARILIA SÁ CARVALHO**

**DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÕES EM SAÚDE**

**DIS/CICT/FIOCRUZ**

**FATIMA@GEOSUN.CICT.FIOCRUZ.BR**

**SMSANTOS@FIOCRUZ.BR**

**FEVEREIRO DE 2000**

Pina, Maria de Fátima de

**Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde.**

Maria de Fátima de Pina e Simone M. Santos.

Brasília: OPAS, 2000.

p.??? ilus.

1. Sistemas de Informação Geográfica.
2. Geografia.
3. Cartografia.
4. Saúde.

CDD - 20.ed. – 362.1

APRESENTAÇÃO .....	9
--------------------	---

INTRODUÇÃO .....	11
------------------	----

## CAPÍTULO 1

OS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	13
--	----

GEOPROCESSAMENTO E SIG .....	14
------------------------------	----

FUNÇÕES E OBJETIVOS DE UM SIG .....	16
-------------------------------------	----

APLICAÇÕES DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ÁREA DE SAÚDE .....	18
--	----

<i>Vigilância Epidemiológica</i> .....	19
--	----

<i>Avaliação de Serviços de Saúde</i> .....	19
---	----

<i>Urbanização e Ambiente</i> .....	19
-------------------------------------	----

TIPOS BÁSICOS DE ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS .....	20
---	----

O PROJETO DE UM SIG .....	25
---------------------------	----

<i>RECURSOS NECESSÁRIOS PARA ESTRUTURAS UM SIG</i> .....	27
--	----

GEORREFERENCIAMENTO DE DADOS .....	30
------------------------------------	----

<i>Critérios para Escolha de Unidades Espaciais de Referência         dos Dados</i> .....	34
---	----

FONTES NACIONAIS DE DADOS SOBRE SAÚDE E AMBIENTE .....	36
---	----

<i>Fontes de Dados Não-Gráficos</i> .....	36
---	----

<i>Fontes de Dados Cartográficos</i> .....	39
--	----

<i>Qualidade dos Dados</i> .....	39
----------------------------------	----

## CAPÍTULO 2

ARMAZENAMENTO DOS DADOS EM SIG .....	41
--------------------------------------	----

<i>Dados Geograficamente Referenciados ou Alfanuméricos</i> ....	42
--	----

<i>Organização de Bancos de Dados Alfanuméricos</i> .....	43
---	----

<i>Organização de Bancos de Dados Cartográficos</i> .....	46
---	----

<i>Geração de Base Cartográfica para SIG</i> .....	48
--	----

<i>Projetando uma Base Gráfica Digital</i> .....	49
--	----

<i>Bases Digitais Desenvolvidas por Terceiros</i> .....	50
---	----

<i>Contratação de Serviços de Aquisição de Dados</i> .....	51
--	----

ESTRUTURAS DE DADOS GRÁFICOS .....	54
------------------------------------	----

<i>Modelo Vetorial</i> .....	54
------------------------------	----

<i>Modelo Matricial ou Raster</i> .....	62
---	----

<i>Comparação entre os Modelos Vetorial e Matricial</i> .....	65
---	----

### CAPÍTULO 3

<b>AQUISIÇÃO DE DADOS DIGITAIS .....</b>	<b>67</b>
LEVANTAMENTOS DE CAMPO .....	67
<i>Topografia .....</i>	<i>67</i>
<i>GPS - Sistema Global de Posicionamento .....</i>	<i>68</i>
LEVANTAMENTOS POR SENSORIAMENTO REMOTO .....	71
<i>Imagens de Sensoriamento Remoto .....</i>	<i>72</i>
<i>Sensores .....</i>	<i>73</i>
<i>Resolução .....</i>	<i>74</i>
<i>Sistemas Sensores Orbitais .....</i>	<i>76</i>
PRINCÍPIOS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS .....	77
<i>Correção Geométrica e Registro .....</i>	<i>78</i>
<i>Técnicas de Realce de Imagens .....</i>	<i>78</i>
<i>Classificação de uma Imagem .....</i>	<i>79</i>
AEROFOTOGRAMETRIA .....	80
APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO .....	82
DIGITALIZAÇÃO .....	84
3.6.1 <i>Equipamentos para Digitalização .....</i>	<i>84</i>
<i>Métodos de Digitalização .....</i>	<i>84</i>

### CAPÍTULO 4

<b>CONCEITOS BÁSICOS DE CARTOGRAFIA PARA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>
A FORMA DA TERRA .....	91
SISTEMA GEODÉSICO .....	92
SISTEMAS DE COORDENADAS .....	93
<i>Sistemas de Coordenadas Planas .....</i>	<i>94</i>
<i>Sistemas de Coordenadas Geográficas .....</i>	<i>95</i>
ESCALAS .....	99
ERRO E PRECISÃO GRÁFICA .....	101
PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS .....	101
<i>Superfícies Desenvolvíveis .....</i>	<i>102</i>
<i>O Sistema Universal Transverso de Mercator - UTM .....</i>	<i>104</i>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>117</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Casos de Cólera e Localização das Bombas d'água, Londres. ....	14
<b>Figura 2</b>	Informações dos dados espaciais, adaptada de Scholten & Stillwell, 1990. ....	16
<b>Figura 3</b>	Análise espacial utilizando técnica de buffer .....	21
<b>Figura 4</b>	Fluxo entre Região Administrativa de residência e de óbito pós-neonatais sobreposto ao padrão socioeconômico dos bairros, município do Rio de Janeiro, 1995 (Campos, 1997). ....	22
<b>Figura 5</b>	Densidade da taxa de mortalidade por homicídios e localização dos postos policiais em Porto Alegre, 1996. (Santos, 1999).....	22
<b>Figura 6</b>	Informações sobre Copacabana, incluindo total de nascimentos, óbitos em menores de 1 ano e taxa de mortalidade neonatal. ....	23
<b>Figura 7</b>	Mapa com bairros selecionados a partir da tabela. ....	23
<b>Figura 8</b>	Mapa do Rio de Janeiro em dois momentos - 1980 e 1991, mostrando o espalhamento da violência. ....	24
<b>Figura 9</b>	Simulação de diversos cenários, para otimizar a distribuição dos postos de vacinação e das vacinas pelos postos.....	25
<b>Figura 10</b>	Georreferenciamento de endereços de óbitos aos setores censitários, município do Rio de Janeiro, 1991.....	33
<b>Figura 11</b>	Relacionamento entre dados gráficos e não-gráficos através de um geocódigo. ....	43
<b>Figura 12</b>	Relacionamento entre dados gráficos e não-gráficos através de coordenadas. ....	44
<b>Figuras 13A e 13B</b>	Relação topológica de adjacência entre dois lotes urbanos .....	45
<b>Figuras 14A e 14B</b>	Relações topológicas de conectividade .....	45
<b>Figuras 15A e 15B</b>	Relações topológicas de contingência.....	45
<b>Figura 16</b>	Organização dos dados gráficos na forma de níveis de informação. ....	46
<b>Figura 17</b>	Erro de digitalização, na conexão entre linhas .....	52
<b>Figura 18</b>	Feições não coincidentes entre folhas vizinhas .....	52
<b>Figura 19</b>	Recorte do Mapa do Município do Rio de Janeiro de 1997 (CRUZ,1999). ....	53
<b>Figura 20</b>	Superposição das digitalizações de 1997 - vermelho e de 1990 - azul (CRUZ, 1999). ....	54
<b>Figura 21</b>	Modelo vetorial de armazenamento de dados gráficos - "Spaguetti" (Aronoff). ....	55
<b>Figura 22</b>	Representação da entidade gráfica: nó. ....	57
<b>Figura 23</b>	Representação da entidade gráfica: arco.....	57
<b>Figura 24</b>	Representação da entidade gráfica: polígono. ....	58

<b>Figura 25</b>	Modelo vetorial com relacionamento entre os objetos- Topológica. ....	58
<b>Figura 26</b>	Comparação do modelo spaguetti e topológico. ....	60
<b>Figura 27</b>	restrições de proximidade .....	60
<b>Figura 28</b>	restrições de vizinhança .....	61
<b>Figura 29</b>	Operações de superposição .....	61
<b>Figura 30</b>	Seleção de áreas fora do buffer.....	62
<b>Figura 31</b>	Resultado da análise espacial.....	62
<b>Figura 32</b>	Modelo matricial de armazenamento de dados gráficos.....	63
<b>Figura 33</b>	Imagem de satélite. No detalhe visualização das células (pixel) da matriz.....	63
<b>Figura 34</b>	Armazenamento de feições lineares no modelo matricial. ..	64
<b>Figura 35</b>	Armazenamento de feições pontuais na estrutura matricial.	64
<b>Figura 36</b>	Superposição de níveis de informação na estrutura matricial. ....	65
<b>Figura 37</b>	Constelação de satélites do sistema NAVSTAR GPS. ....	68
<b>Figura 38</b>	Técnica de obtenção de imagens orbitais (Scanning).....	72
<b>Figura 39</b>	Esquema de obtenção de fotografias aéreas (Framing).....	72
<b>Figura 40</b>	Comparação entre imagens com resolução espacial diferente.....	74
<b>Figura 41</b>	Imagem IKONOS, pancromática. Resolução espacial: 1m.....	75
<b>Figura 42</b>	Imagem de baixo contraste (a) e após aplicação de contraste (b). ....	79
<b>Figura 43</b>	Imagem temática obtida a partir de imagem orbital TM Landsat (Melhoramentos, 1998). ....	80
<b>Figura 44</b>	Sequência de modelos estereoscópicos utilizados em aerofotogrametria. ....	80
<b>Figura 45</b>	Fotografia aérea vertical utilizada em aerofotogrametria.	81
<b>Figura 46</b>	Esquema de plano de voo com superposição de faixas de fotos (Robinson, 1995). ....	81
<b>Figura 47</b>	Fotografia aérea e mapa correspondente à sua restituição (Melhoramentos, 1994). ....	82
<b>Figura 48</b>	Imagem de satélite Landsat de uma área com queimadas (INPE). ....	83
<b>Figura 49</b>	Superposição de imagem de satélite Landsat 5 com mapa de setores censitários. ....	83
<b>Figura 50</b>	Eixos do sistema de coordenadas de uma mesa digitalizadora. ....	85
<b>Figura 51</b>	Tipos de erros de digitalização mais comuns (MARTIN, 1991). ....	87
<b>Figura 52</b>	Formas da Terra : a Esfera e o Elipsóide.....	91
<b>Figura 53</b>	Formas de representação da superfície da Terra: O Esferóide, o Elipsóide e o Geóide. ....	92
<b>Figura 54</b>	Rede Geográfica da Terra - sistema de coordenadas x, y. .	94
<b>Figura 55</b>	Sistemas de Coordenadas Planas.....	94
<b>Figura 56</b>	Diagrama das latitudes (j) e longitudes (l). ....	95

<b>Figura 57</b>	Eixos Paralelos e Meridianos.....	95
<b>Figura 58</b>	Eixo Vertical Terrestre.....	96
<b>Figura 59</b>	Linha do Equador.....	96
<b>Figura 60</b>	Pequenos círculos ou paralelos.....	97
<b>Figura 61</b>	Contagem das latitudes.....	97
<b>Figura 62</b>	Grandes círculos ou meridianos.....	98
<b>Figura 63</b>	Método de contagem das longitudes.....	98
<b>Figura 64</b>	Escala gráfica.....	99
<b>Figura 65</b>	Escalas numéricas.....	99
<b>Figura 66</b>	Relação maior e menor em escala.....	100
<b>Figura 67</b>	Nível de detalhamento em mapas de diferentes escalas....	100
<b>Figura 68</b>	Representações da Terra - o globo terrestre e o mapa....	102
<b>Figura 69</b>	Classificação das projeções quanto às superfícies de desenvolvimento.....	103
<b>Figura 70</b>	Contagem do fusos do sistema UTM.....	105
<b>Figura 71</b>	Sistema de coordenadas UTM.....	106
<b>Figura 72</b>	Carta Topográfica na escala 1/50.000.....	109
<b>Figura 73</b>	Fotografia do satélite Landsat.....	112
<b>Figura 74</b>	Base Cartográfica 1/5.000.000 do IBGE.....	113
<b>Figura 75</b>	Mapa de Esboço Geológico.....	113
<b>Figura 76</b>	Satélite SPOT scanneando a superfície terrestre.....	115

A proposta de publicar este livro surgiu da Rede Interagencial de Informações para a Saúde (RIPSA), projeto de ação conjunta do Ministério da Saúde com a Organização Pan-Americana da Saúde, que tem como objetivo apoiar o aperfeiçoamento das informações de interesse para a saúde no Brasil. Entendendo a importância de estudar espacialmente a distribuição das doenças, dos serviços e dos riscos ambientais para a saúde, foi criado na RIPSA o Comitê Temático Interinstitucional “Geoprocessamento e Dados Espaciais – CTI-GEO”, que vem trabalhando no sentido de facilitar o acesso, em todos os níveis do SUS, às informações necessárias ao desenvolvimento de análises espaciais.

Diversas atividades têm sido desenvolvidas com este objetivo:

- Articulação de ações com a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), visando definir uma política de disseminação das informações cartográficas;
- Proposição de medidas para localizar adequadamente os eventos registrados nos diversos sistemas nacionais de informações do setor saúde - Sistema de Informações de Mortalidade (SIM), Sistema de Informações de Nascidos Vivos (SINASC), Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN), Sistema de Informações Hospitalares (SIH-SUS), Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA-SUS), Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB);
- Desenvolvimento de programas computacionais específicos, destacando-se o aperfeiçoamento da função de mapeamento do TAB-WIN – programa disponibilizado pelo DATASUS junto com as bases de dados dos sistemas nacionais de informação da saúde – de forma a permitir o mapeamento simples de variáveis; e
- Intercâmbio com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), visando à disponibilização e adequação, à saúde, do SPRING – SIG integralmente desenvolvido no INPE.



Compreendendo as dificuldades inerentes à aplicação, nos serviços de saúde, de técnicas relativamente novas que se baseiam em conhecimentos oriundos de diversas disciplinas – cartografia, geografia, computação, estatística, ciências ambientais propôs-se a elaboração deste livro, cujo objetivo é tornar acessível ao gestor do SUS, ao profissional de saúde e ao planejador ambiental, noções básicas de cartografia e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

O perfil dos autores é particularmente adequado à tarefa. Fátima é engenheira cartógrafa com mestrado em Sistemas e Computação, desde 1994 trabalha na Fundação Oswaldo Cruz como responsável pela construção do SIG-FIOCRUZ. Atualmente faz doutorado em Engenharia Biomédica. Fátima é, certamente, a cartógrafa que, no Brasil, acumulou maior intimidade com a área da saúde. Simone é médica-sanitarista, com mestrado em Epidemiologia. Desde 1995 está envolvida em projetos de análise espacial em saúde e, mais recentemente, em vigilância continental em saúde animal, junto à PANAFTOSA/OPS-OMS. Atualmente é pesquisadora visitante no Departamento de Informações em Saúde da FIOCRUZ, executando projeto que focaliza indicadores de condições de vida e de mortalidade em alguns municípios brasileiros. Carla também é cartógrafa com mestrado em Sistemas e Computação e atualmente trabalha com sensoriamento remoto em estudos ambientais, no Departamento de Geografia da UFRJ. Ronaldo fez tese de mestrado em Sistemas e Computação, com técnicas aplicadas a imagens de satélite. Ambos trabalham, de longa data, em parceria com Fátima.

Esperamos que este livro seja de fato útil a todos os que pretendem trabalhar com ferramentas que possibilitam um olhar “espacializado” para saúde.

Brasília, 5 de abril de 2000.

Marília Sá Carvalho



# INTRODUÇÃO

A implementação de um SIG é um projeto de médio a longo prazo que envolve um investimento significativo, não só no que diz respeito à compra de programas e equipamentos, mas também, e principalmente, no que diz respeito à aquisição de bases de dados e treinamento de pessoal. Não há soluções milagrosas, e a construção desta forma de olhar a saúde – espacializando as informações – é trabalhosa e exige investimento, especialmente na capacitação de recursos humanos.

O objetivo do presente livro é dar suporte técnico para o desenvolvimento de um projeto de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para ser utilizado na área da saúde. Abordamos diversos assuntos, do uso potencial de SIG em saúde ao georreferenciamento de dados dos Sistemas de Informações em Saúde, dos conceitos básicos de cartografia até noções de estruturas de dados e métodos de aquisição de dados cartográficos.

Esta abordagem pretende apresentar um panorama geral para aqueles que têm interesse em conhecer estes sistemas, facilitando o entendimento da abrangência do tema e despertando o interesse para uma ferramenta a ser explorada mais intensamente na área da saúde, no Brasil. Neste volume, não serão aprofundadas as discussões a respeito dos pressupostos que envolvem o uso do espaço como categoria de análise na saúde, nem técnicas estatísticas de análise de dados espaciais, temas de extrema pertinência que serão focalizados em outra oportunidade.

Evidentemente, não se pretende esgotar o tema nem se espera que ao final da leitura o leitor se sinta um especialista em SIG, apto a desenvolver todas as etapas de um projeto. A idéia é apresentar uma visão geral sobre os pontos essenciais, chamando a atenção para diversos aspectos técnicos importantes a considerar num projeto de SIG. Este livro pode ser visto como uma leitura introdutória, que deve ser complementada com cursos específicos e outras leituras. Para facilitar a busca de outras informações, no final do volume encontra-se uma listagem de sites na Internet onde é possível conhecer mais sobre SIG.

As informações reunidas neste volume encontram-se estruturadas em quatro capítulos. A primeira parte discute o uso de SIG em saúde, apresentando alguns exemplos de trabalhos que vêm sendo desenvolvidos no Brasil, potenciais e limitações. São discutidos pressupostos necessários para a implementação de um projeto deste tipo e as dificuldades encontradas nas diversas etapas do desenvolvimento de um Sistemas de Informações Geográficas. A segunda parte mostra a forma de armazenamento e gerenciamento de bases de dados cartográficos e oferece noções básicas de cartografia, fundamentais para usuários de SIG que pretendem o entendimento mais consistente da natureza das bases que estão utilizando. No capítulo 3 são apresentados os métodos de aquisição de bases gráficas digitais para um SIG, enfatizando-se os levantamentos por sistemas de posicionamento global (GPS), sensoriamento remoto e digitalização de mapas já existentes. No último capítulo são abordados conceitos básicos de cartografia – escala, sistemas de coordenadas, de projeção e geodésico – sempre visando apoiar o usuário de SIG, sem especialização, a entender e discutir com os técnicos especializados suas demandas.

Os autores agradecem a todos que colaboraram para a viabilização deste livro, especialmente aos colegas do Departamento de Informações em Saúde - DIS/CICT/FIOCRUZ, e aos membros do Comitê Técnico Interinstitucional “Geoprocessamento e Dados Espaciais” da RIPSA.

# OS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Simone Santos  
Maria de Fátima de Pina  
Marília Sá Carvalho

A década de 1990 foi marcada pela crescente capacidade de análise e tratamento de dados, e pela facilidade do acesso à informação, através de sistemas computacionais cada vez mais simples e baratos. Nos campos de saúde e ambiente, diversos dados encontram-se em meio magnético e estruturados de maneira a permitir seu uso e interpretação por órgãos responsáveis, entidades acadêmicas, e organizações não-governamentais. Se, por um lado, estes dados estão disponíveis, por outro, freqüentemente, sua utilização é limitada pela ausência de integração, qualidade e apresentação. Dados coletados por um setor não são utilizados por outros, incorrendo em múltiplos, repetitivos e desconexos sistemas de informações, impossibilitando que ações intersetoriais sejam planejadas em conjunto (Di Vilarosa et al., 1990). Além disso, diversos organismos são levados a coletarem dados semelhantes, em sistemas diferentes, limitando e dificultando o acesso às informações.

Uma das maneiras de se conhecer mais detalhadamente as condições de saúde da população é através de mapas que permitam observar a distribuição espacial de situações de risco e dos problemas de saúde. A abordagem espacial permite a integração de dados demográficos, socioeconômicos e ambientais, promovendo o interrelacionamento das informações de diversos bancos de dados. Nesse sentido é fundamental que as informações sejam localizáveis, fornecendo elementos para construir a cadeia explicativa dos problemas do território e aumentando o poder de orientar ações intersetoriais específicas (Souza et al., 1996).

A utilização de mapas e a preocupação com a distribuição geográfica de diversas doenças é bem antiga. O médico (cirurgião naval) escocês James Lind publicou em 1768 um livro chamado "An Essay on Diseases Incidental to Europeans in Hot Climates" no qual procura explicações para a distribuição de doenças, chegando inclusive a determinar áreas geográficas específicas (Barret, 1991). Desde então diversos trabalhos foram escritos na geografia médica, descrevendo variações geográficas na distribuição das doenças. No estudo de John Snow sobre as origens do cólera, um dos mais conhecidos foram mapeados os casos e os pontos de coleta de água (Figura 1), mostrando o papel da contaminação da água na ocorrência da doença (Scholten & Lepper, 1991),.



Figura 1. Casos de Cólera e Localização das Bombas d'água, Londres.

## GEOPROCESSAMENTO E SIG

A recente popularização das técnicas de geoprocessamento tem feito surgir algumas confusões na atribuição dos termos geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas, que vêm sendo utilizados como sinônimos quando, na verdade, dizem respeito a coisas diferentes.

O Geoprocessamento é um termo amplo, que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre essas tecnologias, se destacam: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global - GPS e os Sistemas de Informações Geográficas - SIG. Ou seja, o SIG é uma das técnicas de geoprocessamento, a mais ampla delas, uma vez que pode englobar todas as demais, mas nem todo o geoprocessamento é um SIG.

Os Sistemas de Informações Geográficas - SIG são sistemas computacionais, usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. A sua capacidade de reunir uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente, torna-os ferramentas essenciais para a manipulação das informações geográficas.

A tecnologia de SIG integra operações convencionais de bases de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados, com possibilidades de seleção e busca de informações (Query) e análise estatística, conjuntamente com a possibilidade de visualização e análise geográfica oferecida pelos mapas. Esta capacidade distingue os SIG dos demais Sistemas de Informação e torna-os úteis para organizações no processo de entendimento da ocorrência de eventos, predição e simulação de situações, e planejamento de estratégias. Os SIG permitem a realização de análises espaciais complexas através da rápida formação e alternância de cenários que propiciam a planejadores e administradores em geral, subsídios para a tomada de decisões. A opção por esta tecnologia, busca melhorar a eficiência operacional e permitir uma boa administração das informações estratégicas, tanto para minimizar os custos operacionais como para agilizar o processo decisório.

Outro tipo de confusão, nem sempre por acaso, ocorre com os programas de automação de tarefas cartográficas e visualização de dados, genericamente denominados CAD, que vêm sendo divulgados como algo muito além do que eles verdadeiramente são. Sem dúvida estes sistemas trazem grande contribuição à geração de mapas, e permitem a manipulação dos elementos da representação cartográfica, facilitando a análise espacial. Entretanto o SIG supera a simples manipulação de mapas digitais realizada pelo CAD, através da exploração das relações existentes entre seus dados gráficos e descritivos, permitindo a execução de funções de análise espacial, envolvendo proximidade, adjacência e conectividade, além de análises envolvendo compatibilizações de diversos mapas, oriundos de diversas fontes, escalas, sistemas de projeção, etc.

A crescente divulgação do uso de programas de geoprocessamento nos últimos anos implicou numa visão equivocada, deformada e superdimensionada, dos sistemas de CAD cartográficos, que geram frequentemente a expectativa em seus usuários de capacidades (de análise espacial), além das que eles possuem como sistemas automáticos de desenho de mapas. Não há dúvida de que um sistema de automação de mapeamento facilita a manipulação dos elementos da representação cartográfica e, por conta disso, facilita a análise espacial empreendida pelo intérprete do mapa, mas não é suficiente. Esta confusão pode ser creditada ao deslumbramento causado pela expressiva facilidade que os sistemas automáticos de desenho trouxeram à produção de mapas e à flexibilidade no arranjo e manipulação de dados que proporcionaram, mais recentemente, a viabilização da associação dos mapas digitais às bases de dados alfanuméricas (Cowen, 1988).

## FUNÇÕES E OBJETIVOS DE UM SIG

Um SIG pode ser definido a partir de três propriedades: a capacidade de apresentação cartográfica de informações complexas, uma sofisticada base integrada de objetos espaciais e de seus atributos ou dados, e um engenho analítico formado por um conjunto de procedimentos e ferramentas de análise espacial (Maguirre et al., 1991).

Para realizar as operações de georreferenciamento num SIG, é necessária a presença de um indexador que permita associar informações dos arquivos de atributos com os arquivos geográficos denominado geocodificador. A variável geocodificadora deve estar presente nos bancos de dados gráficos e nos bancos de dados não gráficos, estabelecendo uma ligação entre eles.

Scholten & Stillwell (1990) definem três funções principais possibilitadas por um SIG que requerem vários componentes, de acordo com o objetivo pretendido. A primeira é o armazenamento, manejo e integração de grandes quantidades de dados referenciados espacialmente. Um dado espacialmente referenciado pode ser concebido como contendo dois tipos de informações, dados de atributos e dados de localização (Figura 2). Dados cartográficos ou de localização são coordenadas de pontos (nós) bi ou tridimensionais, linhas (segmentos) ou áreas (polígonos). Dados descritivos ou não-localizados são características (feições) ou atributos de pontos, linhas ou áreas. Estes dados podem ser obtidos de uma variedade de fontes, como será visto no capítulo 3. Uma das principais características do SIG é a facilidade de integrar dados, por exemplo, converter valores dos dados a uma estrutura espacial comum.

A aquisição e entrada de dados envolve a digitação de dados e a digitalização de mapas ou a transferência eletrônica de bancos de dados pré-existent, cujo custo dependerá da qualidade desejada. Neste processo ocorrerá a conferência, conversão, reformatação, correção e edição, para remover erros existentes nos dados originais ou introduzidos durante a captura destes. Para os dados gráficos será necessária a escolha do tipo de estrutura de dados a ser armazenada considerando-se relações entre velocidade e volume, formatos raster ou vector e quantidade de camadas e objetos, tópicos que serão discutidos detalhadamente no capítulo 3.

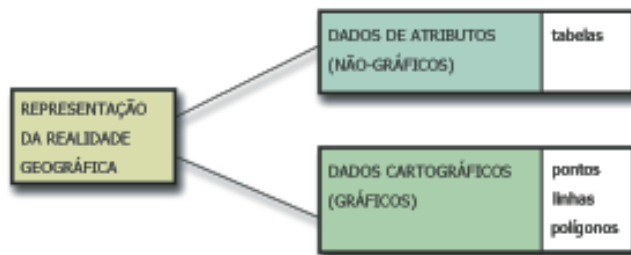


Figura 2. Informações dos dados espaciais, adaptada de Scholten & Stillwell, 1990.

A segunda função principal do SIG é prover meios para realizar análises relacionadas especificamente a componentes geográficos dos dados. As operações mais comuns são a pesquisa de dados e a busca de informações de acordo com algum critério de seleção (por exemplo, pela localização, proximidade, tamanho, valor), e a análise espacial que envolvem modelagem e análise de padrões espaciais e de relacionamento de dados (veja o quadro 1 do próximo item).

A terceira função principal envolve a organização e o manejo de grandes quantidades de dados e a forma como estas informações podem ser facilmente acessadas por todos usuários. Um SIG precisa ser ágil para exibir dados em mapas de boa qualidade. Os mapas inicialmente feitos à mão, são agora um produto implícito de todo trabalho feito dentro do SIG. Entretanto, para diferentes propósitos, outras formas de apresentação dos dados (gráficos e tabelas) algumas vezes são necessárias para uso combinado com os mapas.

A implementação de um SIG é um processo caro e de médio e longo prazo. A decisão de implementá-lo, ou não, deve ser baseada na análise de custo-benefício.

Alguns dos benefícios mais comuns de um SIG são:

- melhor armazenamento e atualização dos dados;
- recuperação de informações de forma mais eficiente;
- produção de informações mais precisas;
- rapidez na análise de alternativas; e
- a vantagem de decisões mais acertadas.

De um modo geral, pode-se identificar os seguintes objetivos na implementação de um SIG:

**Visualização das informações:** diversas formas de apresentação das informações são possibilitadas pelo SIG. Compare, por ex., as figuras 4 e 6, integrando mapas, gráficos, imagens, etc.

**Organização e georreferenciamento dos dados:** o SIG se constitui em um poderoso organizador das informações georeferenciadas. Permite combinar vários tipos diferentes destas informações, por ex., limites de bairros, localização pontual das unidades de saúde, volume do fluxo entre duas localidades, entre outras.

**Integração de dados vindos de diversas fontes, nos mais diversos formatos, escalas e sistemas de projeção:** o mapa armazenado no SIG pode ser sempre associado a novas informações, provenientes de diversas fontes, permitindo que se some o trabalho de diversas órgãos e instituições.



Análise dos dados: a disponibilidade de funções que permitam transformar os dados em informações úteis no processo de tomada de decisões, detalhadas no ítem a seguir.

Predição de ocorrências: a partir da análise de séries históricas, mapeando os eventos estudados em diferentes períodos .

## **APLICAÇÕES DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ÁREA DE SAÚDE**

Conhecer as condições de vida e saúde dos diversos grupos populacionais é uma etapa indispensável do processo de planejamento da oferta de serviços e da avaliação do impacto das ações de saúde. A Norma Operacional Básica do Sistema Único de Saúde (NOB-SUS) de 01/1996 expressa que “o enfoque epidemiológico atende ao compromisso da integralidade da atenção, ao incorporar, como objeto das ações, a pessoa, o meio ambiente e os comportamentos interpessoais” (Ministério da Saúde, 1997, p.15). Entretanto, Saúde Pública e ambiente estão intrinsecamente influenciadas pelos padrões de ocupação do espaço: não basta descrever as características das populações, mas é necessário localizar o mais precisamente possível onde estão acontecendo os agravos, que serviços a população está procurando, o local de potencial risco ambiental e as áreas onde se concentram situações sociais vulneráveis.

A possibilidade de sobrepor informações e do uso desagregado de dados contorna as dificuldades de trabalhar com diferentes unidades administrativas. A visualização de informações é extremamente útil para gerar hipóteses, indagações sobre associações entre os eventos estudados e possibilidades de análises ecológicas (Por exemplo, estabelecer correlações entre fatores ambientais e variáveis explicativas).

Segundo Nobre & Carvalho (1996) os métodos de análise de distribuições espaciais são especialmente úteis nas seguintes situações:

- quando o evento em estudo é gerado por fatores ambientais de difícil detecção no nível do indivíduo (análise do padrão de distribuição dos pontos);
- no estudo de trajetórias entre localidades (análise de redes);
- na delimitação de áreas segundo intervenção pretendida (buffers);
- quando o evento em estudo e os fatores relacionados têm distribuição espacialmente condicionada (modelagem estatística, interpolação e alisamento, de forma a permitir a análise de superfície).

As aplicações do SIG na área da saúde têm se destacado nos seguintes campos:

### **Vigilância Epidemiológica**

A análise da distribuição espacial de agravos possibilita determinar padrões da situação de saúde de uma área, evidenciar disparidades espaciais que levam à delimitação de áreas de risco para mortalidade ou incidência de eventos mórbidos. É possível mapear indicadores básicos de saúde, mortalidade, doenças de notificação compulsória e analisar acidentes relacionados ao trabalho. Através da análise da difusão geográfica e exposição a agentes específicos pode-se gerar e analisar hipóteses de investigação. Também é possível planejar e programar atividades de prevenção e controle de doenças em grupos homogêneos segundo determinado risco, monitorar e avaliar intervenções direcionadas (Por exemplo, geografia da difusão da AIDS e da malária, Bastos et al., 1999).

### **Avaliação de Serviços de Saúde**

Este campo pode ser dividido em: análise da distribuição espacial de serviços de saúde; planejamento e otimização de recursos de saúde (modelos de locação-alocação); estudo de acessibilidade (física, econômica, social, étnica, psicológica) e utilização de serviços de saúde. Através da análise do fluxo de pacientes é possível definir áreas de onde provém a demanda que busca determinado recurso de saúde.

### **Urbanização e Ambiente**

A urbanização tem sido um fator predominante no estabelecimento humano em escala mundial. As cidades têm sido estudadas em termos da ecologia urbana de doenças. Particularmente em países em desenvolvimento, os moradores de cidades vivem em diferentes condições ambientais como moradia, emprego, estilo de vida, dieta, entre outros. A poluição, superpopulação, estresse e pobreza afetam a saúde humana nas cidades. O espaço, produzido socialmente, exerce pressões econômicas e políticas sobre a sociedade, criando condições diferenciadas para sua utilização por grupos sociais.

As relações entre saúde e ambiente podem ser evidenciadas através da análise de características epidemiológicas das áreas próximas às fontes de contaminação e pela identificação de fatores ambientais adversos em locais onde há concentração de agravos à saúde. Além disso, é possível monitorar ações de saneamento e tendências das doenças preveníveis após ações do meio e melhoria da qualidade de vida em função de obras realizadas (Elias & Tinem, 1995).

Na metodologia do enfoque de risco, proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS), o objetivo é a detecção de grupos populacionais prioritários para alocação de recursos de saúde, aumentando a eficiência da aplicação de recursos públicos em países não-desenvolvidos economicamente. As fontes do risco neste caso são amplas, envolvendo atributos individuais e aspectos socioecológicos (Hayes, 1992; MS/OPAS, 1983). A identificação de grupos populacionais de maior risco de adoecer ou morrer por determinados agravos vem sendo uma das questões chaves da prevenção em saúde.

Planejamento, monitoramento e avaliação de programas, estudo do contexto socioeconômico, vigilância em saúde, e as demais atividades essenciais à reorientação das ações do setor saúde são beneficiadas pela incorporação da distribuição espacial dos eventos.

## TIPOS BÁSICOS DE ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS

As técnicas de análise podem ter diferentes níveis de complexidade, conforme o quadro abaixo.

TÉCNICA	DESCRIÇÃO	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
Pontos num polígono	Identifica a interseção entre pontos e a área (polígono) em que eles estão	Para identificar todos os casos dentro de uma zona de exposição especificada
Linhas num polígono	Identifica a interseção entre linhas e a área (polígono) que elas cruzam	Para identificar fontes lineares (ex. estradas) que cruzam uma área especificada
Área de influência ( <i>Buffer</i> )	Construção de zonas de largura especificada ao redor de pontos, linhas ou áreas	Para definir áreas de exposição em torno de fontes de risco (ex. usinas nucleares)
Interpolação	Estimação de condições em locais não amostrados	Mapeamento de superfícies de poluição
Estimação de proximidade	Análise de condições em determinado ponto, baseada em condições de uma vizinhança especificada	Estimativa de níveis de poluição baseada no uso do solo da região em torno
Alisamento ( <i>Smoothing</i> )	Construção de uma superfície alisada (generalizada)	Mapeamento de superfícies generalizadas de exposição
Sobreposição ( <i>Overlay</i> )	Combinação de um mapa com outro por sobreposição	Combinação entre mapas de densidade de poluição e população para identificar populações expostas

Quadro 1. Técnicas de análise espacial em SIG para aplicações em saúde e ambiente, adaptado de Briggs & Elliott (1995).

Num nível simples, por exemplo, pode-se relacionar dados sobre diferentes entidades espaciais através da análise da área de influência (*buffer*) identificando uma determinada área (num raio de quilômetros) em relação a fonte de abastecimento de água desta região (da companhia de saneamento responsável), conforme observado na figura 3.

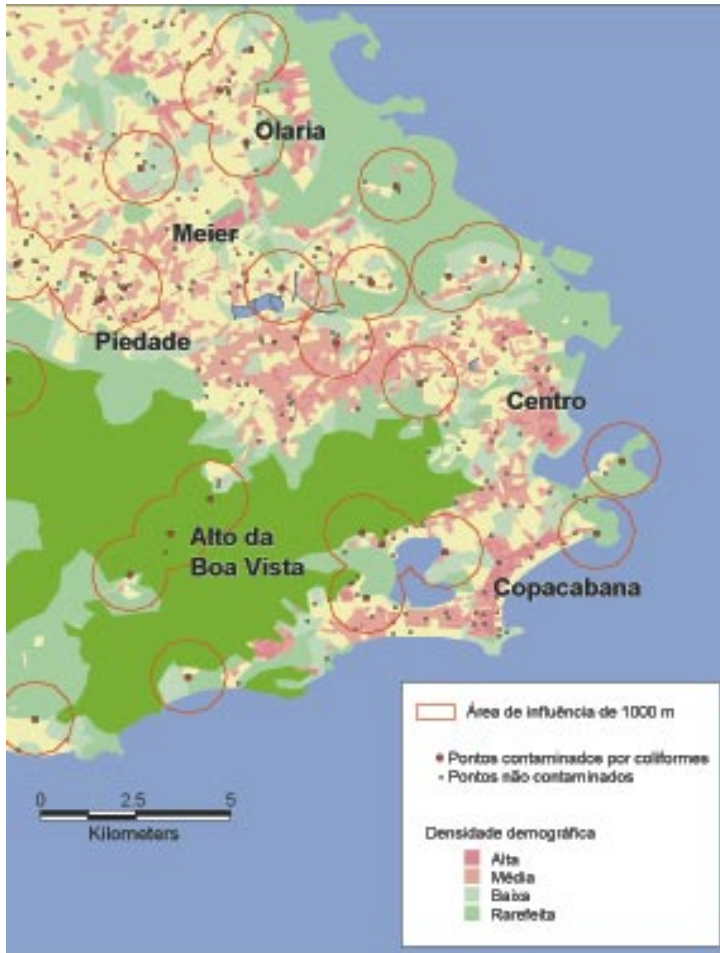


Figura 3: Análise espacial utilizando técnica de *buffer*

Num nível intermediário, pode-se fazer cálculos estatísticos da relação entre conjuntos de dados a serem computados ou podem ser calculadas distâncias entre entidades para determinar o deslocamento de um lugar a outro. Por exemplo, a desigualdade no acesso aos serviços de saúde também pode ser detectada, através da visualização das longas trajetórias percorridas pelos pacientes em busca do serviço. No caso da mortalidade pós-neonatal (de 28 dias a um ano de idade), o mapeamento das longas trajetórias percorridas entre o local de residência da criança e o local onde esta veio a falecer indicou

a necessidade de aumentar a oferta de assistência nos locais mais distantes do centro do Rio de Janeiro (Figura 4).

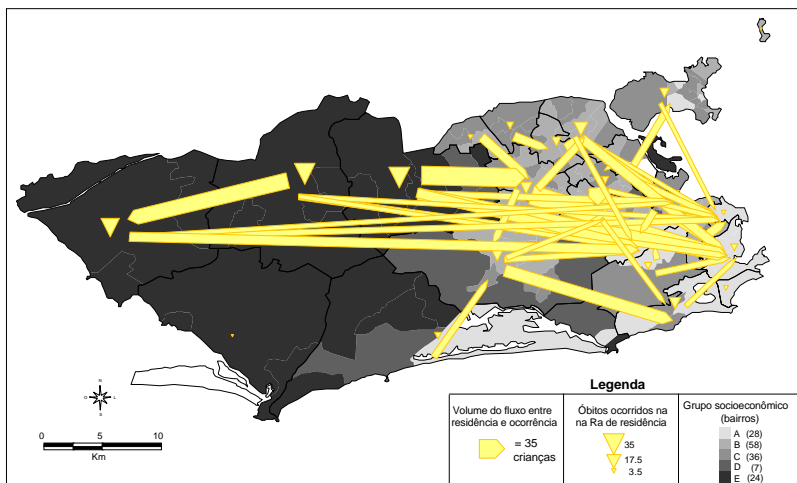


Figura 4. Fluxo entre Região Administrativa de residência e de óbito pós-neonatais sobreposto ao padrão socioeconômico dos bairros, município do Rio de Janeiro, 1995 (Campos, 1997).

As análises mais sofisticadas ocorrem quando introduz-se modelagem de dados, neste contexto há uma variedade de possibilidades analíticas, é possível, por exemplo, usar técnicas de modelagem para identificar áreas com maior índice de homicídios utilizando análise de densidade de pontos (Figura 5). Alternativamente, os métodos de modelagem podem ser usados para determinar o impacto da alocação de um serviço público (ex. um hospital) em diferentes locais de uma cidade ou região.

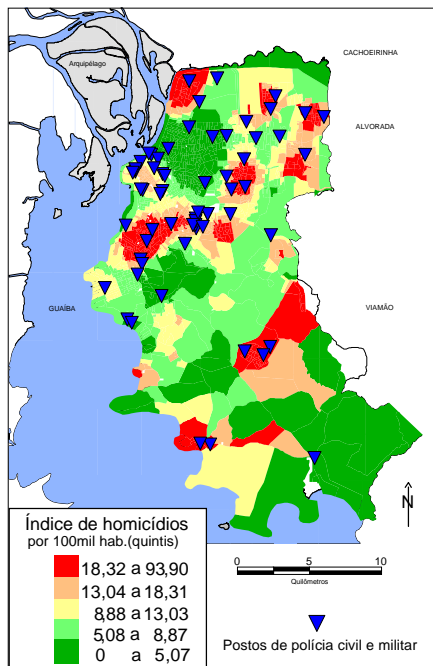


Figura 5. Densidade da taxa de mortalidade por homicídios e localização dos postos policiais em Porto Alegre, 1996. (Santos, 1999)

Utilizando-se estas técnicas, diversas seleções podem ser feitas através de um SIG, buscando responder a algumas questões importantes para o planejamento em saúde, dentre elas:

**Localização:** o que está neste ponto? Selecionando uma determinada feição no mapa, pode-se obter todas as informações a ela relacionadas. Por exemplo, selecionando um bairro do Rio, pode-se saber o valor de sua área, e outras informações disponíveis no banco de dados (Fi-

gura 6). Essas informações podem ser dados numéricos, textos, fotografias, imagens, vídeos, áudios, gráficos, etc

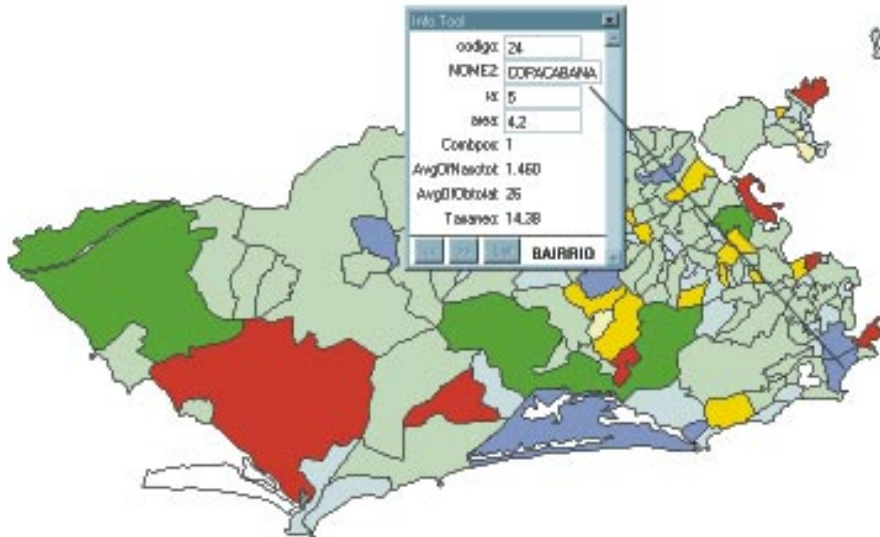


Figura 6. Informações sobre Copacabana, incluindo total de nascimentos, óbitos em menores de 1 ano e taxa de mortalidade neonatal.

Condição: Onde está ...? Esta pergunta pode se referir a uma condição presente nas bases de dados tabulares, por exemplo, quais são os bairros onde a taxa de mortalidade neonatal é maior do que 20 por mil nascidos vivos (Figura 7)? A pergunta pode ainda se referir a uma condição presente na base gráfica (mapa), por exemplo, quais as estradas pavimentadas da rede viária de um estado? Ou, quais os rios que atravessam uma determinada região?

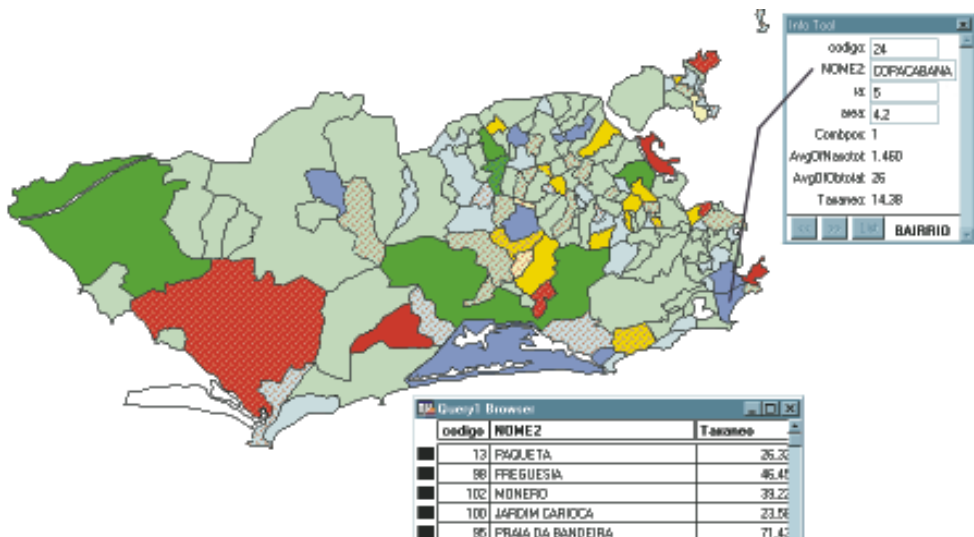


Figura 7. Mapa com bairros selecionados a partir da tabela.

Tendências: O que mudou desde...? Este tipo de análise pode ser feita de forma dinâmica, como um filme, comparando-se diversos mapas referidos a períodos diferentes, como apresentado na figura 8, em que a seqüência de mapas do estado do Rio de Janeiro mostra o espalhamento da violência na região.

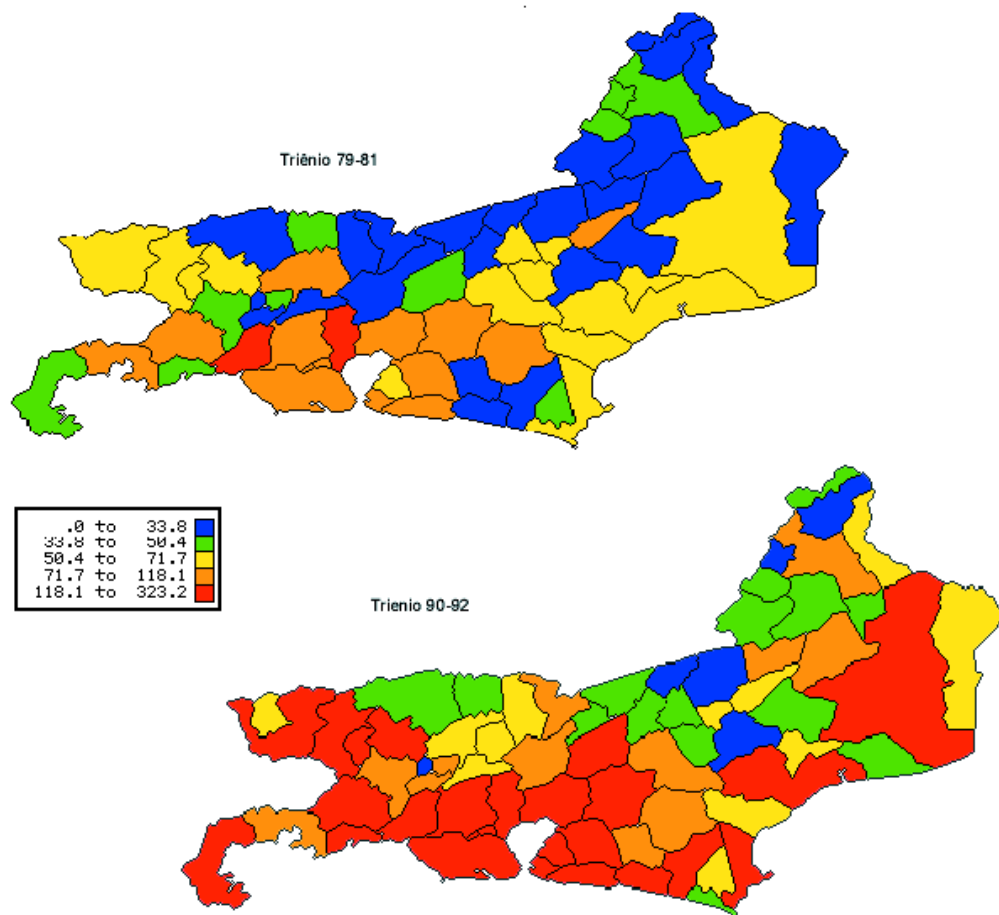


Figura 8. Mapa do Rio de Janeiro em dois momentos – 1980 e 1991, mostrando o espalhamento da violência.

Predição: o que ocorrerá se...? A capacidade de simulação de um SIG, é extremamente útil na predição de ocorrências. Por exemplo, no planejamento do atendimento de populações diante de catástrofes, naturais ou não, como enchentes, incêndios, acidentes nucleares. No caso do planejamento de uma campanha de vacinação, é possível, através do SIG, simular diversos cenários, de maneira a otimizar a distribuição dos postos de vacinação e das vacinas pelos postos (Figura 9).



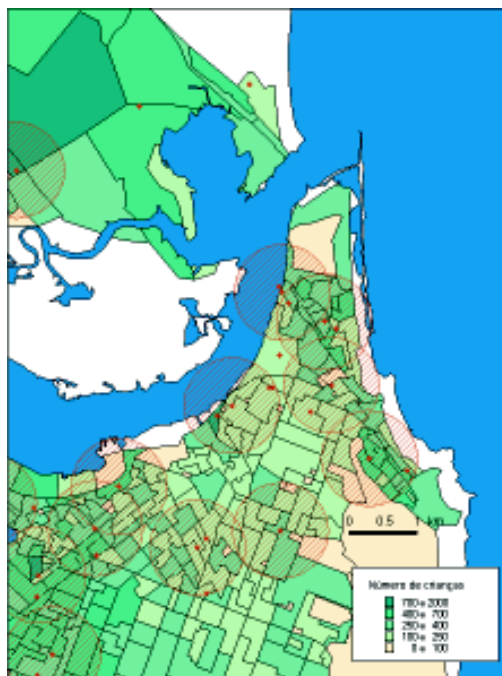


Figura 9. Simulação de diversos cenários, para otimizar a distribuição dos postos de vacinação e das vacinas pelos postos

## O PROJETO DE UM SIG

No desenvolvimento de um SIG é importante considerar-se diversas etapas, dando importância ao planejamento do projeto como um todo. Antes de mais nada é preciso que existam as perguntas, a necessidade de informações para as quais o SIG será uma ferramenta auxiliar de análise, ou seja, na busca de respostas às perguntas.

Um projeto de SIG pode ser dividido nas seguintes etapas de implementação:

- Especificação do Problema. Deve-se definir claramente quais os problemas que se espera solucionar com o SIG, os motivos do desenvolvimento e que tipo de informações precisam ser geradas através do Sistema.
- Definição das Bases de Dados. É importante listar o tipo de dado necessário para atender aos objetivos expostos e as formas de obtenção dos mesmos. Nem sempre os dados secundários disponíveis se adequam aos objetivos, sendo, muitas vezes, necessária a geração de novos dados, ampliando o custo e o tempo de execução do projeto.
- Especificação do Sistema. É necessário definir qual o equipamento e quais programas serão necessários para alcançar os objetivos. Deve-se definir um grupo responsável pelo desenvolvimento do projeto e programar como será realizado o treinamento da equipe. O sucesso na implementação de um SIG depende em grande parte, não do programa ou do equipamento, mas sim das pessoas responsáveis pela sua implementação. O surgimento de problemas ao longo do processo é inevitável e será o entusiasmo e o preparo técnico dessas pessoas que permitirá que estes sejam superados.
- Aquisição do Sistema e início da Implementação. O sistema é adquirido e instalado, a equipe treinada, inicia-se a gera-



ção das bases de dados e iniciam-se os procedimentos de desenvolvimento do SIG.

- **Aquisição de Dados.** A geração das bases de dados é usualmente a parte mais dispendiosa do processo de implementação. É necessária atenção especial neste ponto, para garantir a qualidade da coleta de dados, ou seja, que os dados serão suficientes (não havendo excesso, nem falta), para desenvolver as análises a que o sistema se propõe. É importante também pensar nos procedimentos de atualização desses dados.
- **Pré-processamento dos Dados.** Dados oriundos de diversas fontes, em escalas diferentes, sistemas de projeção diferentes, necessitam de um pré-processamento de maneira a torná-los compatíveis.
- **Análise dos Dados.** Após a limpeza e compatibilização dos dados é possível realizar as análises, através das quais os dados se tornam informações úteis.
- **Gerenciamento dos Dados.** É fundamental organizar a atualização das bases já existentes e a incorporação de novas bases e metodologias. Na medida em que os usuários vão obtendo informações, novas indagações são elaboradas, sendo natural a necessidade de aprofundar as análises e ampliar o acesso a novas informações.
- **Saídas Gráficas.** As informações obtidas podem ser divulgadas através de diversas formas de apresentação como: mapas, relatórios, tabelas, etc.
- **Avaliação dos Erros.** É importante verificar os resultados para ter certeza de que fazem sentido. Um computador executa tarefas, mas a análise crítica dos resultados, avaliando a coerência e a qualidade das informações, depende da equipe técnica.
- **Fase Operacional.** Pode-se considerar que se atingiu esta fase quando os usuários finais estão fazendo uso efetivo do Sistema. A conversão de dados pode ainda não estar completa, mas já existem rotinas padronizadas de trabalho. É importante, também determinar procedimentos que garantam a atualização do sistema, mantendo a satisfação das necessidades de informações.
- **Tomada de Decisões.** Quando os passos anteriores forem cumpridos, a informação gerada torna-se um importante instrumento de auxílio à tomada de decisão.

## RECURSOS NECESSÁRIOS PARA ESTRUTURAS UM SIG

### Recursos humanos

A definição de uma equipe é passo primordial para garantir a implementação de um SIG. A presença de profissionais com formações distintas, permite a exploração das ferramentas do SIG de forma mais abrangente e integrada, devendo haver sempre o intercâmbio de idéias e de conhecimento entre diferentes setores, independente da disponibilidade destes profissionais no setor onde está sendo implantado o SIG. A equipe mínima necessária pode ser formada por técnico em digitação e profissionais especializados em análise de sistemas, estatística, epidemiologia, geografia e sanitaristas. Além disso, o apoio de um cartógrafo é fundamental quando da necessidade de digitalização de mapas, assim como, de um técnico para as tarefas de digitalização.

Todos os profissionais da equipe devem ter capacitação mínima (equivalente ao nível a, conforme a seguir) no uso do geoprocessamento para análises em saúde. A capacitação envolve vários níveis de complexidade sendo que pelo menos duas pessoas da equipe devem alcançar o nível c, tornando-se capazes de realizar a interface, tanto com profissionais que dominam os métodos mais avançados (nível d), quanto com os demais profissionais do setor facilitando a disseminação do entendimento e incorporação da análise espacial na instituição onde o SIG está sendo implantado.

A capacitação dos profissionais envolve os seguintes níveis de especialização:

- a- módulo básico de cartografia, geoprocessamento e SIG.
- b- métodos de análise espacial – funções do SIG.
- c- introdução aos métodos estatísticos.
- d- métodos avançados.

No Brasil, há diversas instituições que oferecem cursos, regularmente, entre elas destacam-se a Escola Nacional de Saúde Pública – ENSP/FIOCRUZ, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, o Instituto Militar de Engenharia - IME, o Núcleo de Estudos em Saúde Coletiva - NESC/UFRJ e existem cursos oferecidos pelos fornecedores de softwares.

### Equipamentos

Na fase inicial de produtos para SIG, na década de 70 a configuração típica de hardware era um computador central com grande capacidade de memória e de discos para armazenagem de dados. A seguir havia uma central e diversos terminais ligados ao gerenciador que podiam ser utilizados simultaneamente. Nos anos 80 este sistema centralizado foi estendido pela conec-

xão de vários microcomputadores à central. Na metade da década de 90 os computadores pessoais (PC) chegaram, trazendo a popularização do SIG. Na segunda metade da década, o PC teve importante papel no desenvolvimento da capacidade do SIG na produção automática de mapas despertando o interesse por esta ferramenta que dispensa o uso de centrais de bases de dados. Ao longo dos anos 80 houve uma otimização dos servidores de microcomputadores e cresceu a capacidade de processamento das workstations. Além disso, o custo dos equipamentos diminuiu significativamente (Scholten & Stillwell, 1990).

É importante ressaltar que para cada situação é necessária a combinação de recursos de acordo com os objetivos e a abrangência do sistema a ser montado. É possível utilizar-se equipamentos como estação gráfica, PC Pentium, mesa digitalizadora, scanners (digitalização automática) e GPS (equipamento que permite a localização em campo, através da definição das coordenadas geográficas do ponto onde se encontra, fornecidas por satélites). Assim como, periféricos de saída para apresentação de resultados como impressora, plotter e vídeo.

Além dos equipamentos, é necessário um programa para manejo de informações que relacione as bases de dados possibilitando a criação, manutenção e o acesso às informações.

A partir da descrição sucinta de Brêtas e Bessa (1996), apresentamos alguns programas que têm sido utilizados nas experiências brasileiras:

- MapInfo - permite a integração dos arquivos de dados com os mapas para a produção de mapas temáticos e análises. Manipula dados com forma de linhas, pontos e polígonos;
- Epi-Map - de domínio público, é um programa para apresentação de mapas temáticos e não de análise. Foi desenvolvido a partir da preocupação com a pandemia da AIDS, por iniciativa da Organização Mundial de Saúde (OMS) e com recursos de Centro de Controle de Doenças (CDC) americano;
- ARC/INFO - pode ser utilizado no nível central para fusão, digitalização de mapas e organização de base de mapas. Exige grande capacidade de memória e manipula dados com diversas feições;
- ARCVIEW - interface gráfica do ARC/INFO para Windows, é usado para a construção e apresentação de mapas complexos;
- MapMaker - usado para a confecção de mapas digitais, possui funções de sobreposição para visualização de dados de diferentes camadas.

Além dos programas de geoprocessamento, também são utilizados programas acessórios como:

- ARCLINK - é usado para conversão de formatos entre ARC/INFO e MapInfo;
- IDRISI - é usado para análise de imagens de satélite e cálculos de superfícies;
- Dbase IV, Access, Excel, FoxPro - são gerenciadores de bancos de dados usados para manipular os arquivos alfanuméricos;
- EpiInfo - conjunto de programas de domínio público para entrada, verificação e análise de dados. Utilizado para a produção de questionários, para investigações epidemiológicas específicas e para análise e tabulação de dados.

Além disso, para análises mais complexas, são necessários programas para a análise estatística dos dados. Como exemplo citamos alguns pacotes estatísticos: SAS, S-Plus; Systat; SPSS; SPACESTAT.

Há ainda a possibilidade da criação de sistemas próprios, voltados para a resolução de problemas específicos, como o SIGEPI (Nobre et al, 1996), o SAGA (Xavier-da-Silva, 1990) e o SIG-MALÁRIA (Nobre et al, 1990), entre outros.

É importante ressaltar a disponibilidade de dois programas nacionais brasileiros de domínio público: o TABWIN produzido pelo DATASUS, que possibilita a tabulação e o mapeamento de indicadores construídos a partir de variáveis dos sistemas nacionais de informações em saúde e o SPRING, SIG bastante completo, produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, que permite desde a geração de bases cartográficas digitais, até análises espaciais e estatísticas mais sofisticadas necessárias para modelagem de dados espaciais. Estes programas estão disponíveis para download pela Internet em: <http://www.datasus.gov.br> e <http://www.dpi.inpe.br/spring>, respectivamente.

## Critérios para a escolha dos programas

É importante ter em mente que não existe um programa de Sistema de Informação Geográfica pronto e completo. Os programas não são sistemas prontos e sim um conjunto de funções que permitem a implementação dos sistemas de acordo com as necessidades de cada usuário, ou seja, ao se comprar um programa está se adquirindo um ambiente de desenvolvimento de SIG.

É muito importante ter uma definição clara dos objetivos do projeto, para que a escolha do programa seja adequada. Alguns aspectos a considerar são:

- Que tipo de análises serão efetuadas? Para tal, serão necessários dados na estrutura matricial ou vetorial ou ambos?

Se o interesse for o desenvolvimento de análises sofisticadas, que envolvam a estrutura topológica, então é necessário que os programas compor-tem essa estrutura. Nesta família de programas temos: ARC/INFO, MGE, SPRING, dentre outros.

- O programa deverá ser capaz de construir as bases cartográficas, ou estas serão adquiridas já prontas?

Existem programas que são desenvolvidos basicamente para a análise e visualização de dados, mas têm poucas funções que permitam a construção das bases. É o caso de programas do tipo: MapInfo, ARCVIEW, AtlasGIS, GEOMEDIA, etc. Se for necessária a construção das bases cartográficas, há programas como AUTOCAD e ARC/INFO que necessitam maior estrutura computacional para sua execução.

- Possibilidade de importar e exportar dados em diversos formatos. É extremamente importante, para que seja possível o intercâmbio de dados com outros projetos.

No processo de decisão sobre a compra do programa deve ser feita uma avaliação dos programas existentes no mercado e, se possível, devem ser agendadas visitas técnicas a projetos idênticos. Antes de se efetuar a compra do programa, é interessante ouvir outros usuários que já o estejam utilizando, para conhecer suas limitações, já que os vendedores só mostrarão as qualidades do seu produto.

Outro aspecto a considerar é quanto à facilidade de manipular o programa. Programas muito sofisticados são difíceis de operar e exigem treinamento específico dos usuários. Por vezes, a compra de programas de manuseio muito complicado acaba por desestimular a equipe de usuários.

Por fim, é importante estar atento ao “entusiasmo” dos vendedores. A escolha dos programas em projetos de SIG, não raro, é avaliada somente através de demonstrações de vendedores, o que traz alguns riscos, já que é de se esperar que os vendedores gerem altas expectativas, especialmente quando o comprador está tão entusiasmado em comprar o sistema, quanto o vendedor em vendê-lo.

## GEORREFERENCIAMENTO DE DADOS

O referenciamento dos dados espaciais à superfície terrestre tem estratégias diferentes para dados gráficos e não-gráficos.

O georreferenciamento de dados gráficos (mapas) se dá através da associação a um sistema de coordenadas terrestres qualquer. Normalmente este processo de georreferenciamento se dá durante o processo de digitalização, garantindo a possibilidade de se associar mapas distintos. Este é um cuidado que deve estar sempre presente no processo de aquisição de bases, pois de outro modo, não é possível sobrepor níveis de informações oriundos de outras fontes. Os melhores softwares de SIG possuem funções que auxiliam na tarefa de georreferenciamento de dados tabulares.

O georreferenciamento dos dados tabulares pode ser efetuado de diversas maneiras e pode ser entendido como o processo de associar dados a um mapa. Este georreferenciamento pode se dar através de pares de coordenadas ou através do relacionamento com unidades espaciais (setores censitários, bairros, etc.) presentes no mapa. Além disso, existem programas que permitem localizar eventos em trechos de ruas, através da interpolação entre os números iniciais e finais de cada trecho.

É importante lembrar que a unidade de georreferenciamento deve estar presente tanto na base de dados tabulares quanto no mapa. No caso do uso de trechos de ruas, é necessária a construção de uma base cartográfica correspondente, contendo todos os trechos de rua com o nome do logradouro e numeração, assim como o cadastro de todos os logradouros contendo face de quadra (trecho entre esquinas), lado par, lado ímpar. A construção deste tipo de mapa pode ser muito trabalhosa e de alto custo, dependendo das dimensões da cidade. Além disso, esta estratégia pode ser pouco viável em áreas de ocupação urbana irregular, onde não há seqüência na numeração, e em áreas rurais, onde os endereços raramente são baseados em logradouros.

O georreferenciamento de dados tabulares é ainda um dos fatores limitantes da plena utilização dos SIG na área da saúde, quando se trata de análises em microáreas, em que o endereço do evento é fundamental. Os principais Sistemas Nacionais de Informações da Saúde não possuem o campo referente a endereço, contendo apenas a informação referente a bairro, distrito ou município. Com isto, o georreferenciamento em escalas locais fica prejudicado.

Além disso, a manipulação de informações que envolvam endereços é sempre complicada, não só porque raramente existem mapas de trechos de rua associados a um cadastro de logradouros, o que impede a utilização das funções de georreferenciamento dos SIG, como também porque o campo referente a endereço (quando existe), é de baixa qualidade, contendo endereços incompletos, erros de digitação e de ortografia, etc.

Se o número de eventos a se localizar for muito pequeno, o georreferenciamento pode ser manual. Por exemplo, utilizando mapas em

papel e guias de ruas para identificar endereços. As coordenadas extraídas dos mapas em papel, servirão de entrada para o SIG. Evidentemente que este processo depende da precisão que se deseja, mas quase sempre é o suficiente para a localização de eventos de saúde.

Uma opção útil para áreas rurais e para inquéritos epidemiológicos específicos é a utilização de receptores de GPS. Pode-se, por exemplo, fazer um cadastramento das propriedades rurais, através da identificação das coordenadas da sua sede e, no caso dos inquéritos, os profissionais de saúde já podem estar munidos de um aparelho de GPS e fazer a aquisição das coordenadas no momento da visita ao campo. Esta metodologia é mais adequada para utilizar em áreas rurais, porque em áreas urbanas, normalmente é possível conseguir um mapa em papel, e o pesquisador pode simplesmente anotar no mapa, onde está o ponto que deseja localizar.

Deve-se sempre considerar a precisão do método, no uso de GPS. Conforme será discutido no capítulo 3, a captura de coordenadas com os aparelhos de GPS portáteis, pode conter um erro de até 100m., o que pode ser um fator limitante em cidades, onde as residências distam entre si apenas alguns metros.

Para grandes bases de dados, o georreferenciamento manual é inviável. Por exemplo, o banco de mortalidade ou de nascidos vivos de uma grande cidade pode conter milhares de eventos. Nestes casos, é fundamental a disponibilidade de bancos de dados com endereços e mapas que possibilitem o georreferenciamento automático, através de um SIG.

Na ausência de uma base cartográfica de logradouros, algumas opções intermediárias podem ser viabilizadas. Uma alternativa, utilizada no âmbito do projeto SIG/FIOCRUZ, foi o georreferenciamento ao setor censitário, ou seja, um meio termo entre a localização pontual, por endereço, e a localização em unidades espaciais grandes demais, como o bairro, por exemplo. Esta metodologia baseia-se num cadastro desenvolvido pelo IBGE, contendo todos os endereços visitados por cada recenseador e a que setor censitário pertence cada endereço. A partir destas informações foi desenvolvido um sistema de busca de endereços que permite determinar em qual setor está inserido o endereço do evento estudado. Assim, os códigos dos setores censitários, correspondentes a cada endereço existente na base de dados cadastrada, são anexado ao banco de dados tabular original e o georreferenciamento, ou seja, a associação ao mapa, é feita através do código do setor. O resultado deste processo é apresentado na figura 10, onde cada ponto corresponde a um registro de óbito do Sistema de Informações sobre Mortalidade de 1991, no município Rio de Janeiro, e cada polígono corresponde a um setor censitário.

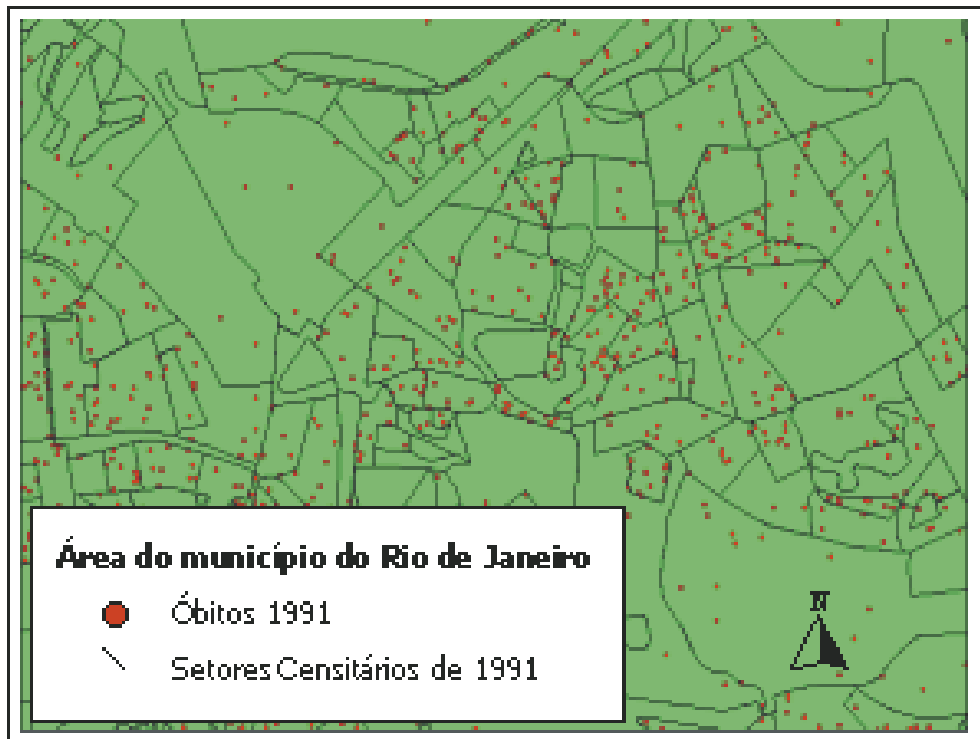


Figura 10. Georreferenciamento de endereços de óbitos aos setores censitários, município do Rio de Janeiro, 1991.

Esta metodologia pressupõe, obviamente, a existência de um mapa digital com a malha de setores censitários. Para realização do Censo 2000, o IBGE digitalizou as malhas censitárias (rurais e urbanas) de todos os municípios com mais de 25.000 habitantes e preparou o cadastro de segmentos de logradouro para todos os setores censitários. Para os anos anteriores, a alternativa é pesquisar nos órgãos de planejamento dos próprios municípios, a existência dessa malha. A disponibilização desta base de dados será acordada pelos órgãos interessados, após a realização do censo 2000.

Outra alternativa, pouco usada no Brasil, é georreferenciar os dados ao Código de Endereçamento Postal - CEP. Isto, se a base de endereços contiver o CEP e, se existir um mapa contendo as áreas de CEP. Um problema deste método é que a delimitação das áreas do CEP é feita em relação ao volume de correspondência de áreas que não coincidem com as áreas para as quais se tem informação sobre a população, quais sejam: setores censitários, bairros, distritos, etc.

O problema central do georreferenciamento é associar dados a um mapa: processo que requer a existência de uma informação comum entre os dados tabulares e o mapa. Este processo é muito mais complicado quando se trata



de microáreas, já que para grandes áreas (bairros, distritos, municípios) já existem mapas digitais disponíveis.

### **Crítérios para Escolha de Unidades Espaciais de Referência dos Dados**

Atualmente, a localização de eventos para a saúde, na maioria dos casos, só é possível tendo a malha de municípios como escala de análise. O município reúne grande parte das condições necessárias que viabilizam seu uso como unidade espacial de análise por ser dotado de autonomia administrativa e servir de referência de dados primários em saúde e ambiente. Pode-se trabalhar numa escala mais detalhada localizando os endereços de qualquer evento em setores censitários que são suficientemente pequenos para serem considerados homogêneos do ponto de vista socioeconômico e ambiental. O setor censitário, por ser a unidade mínima de agregação de dados dos Censos Demográficos, é de grande importância para as análises em saúde. Além disso, os setores censitários permitem várias possibilidades de reagregações. A partir desta unidade mínima espacial de agregação de dados, pode-se formar grupos de bairros, distritos, regiões, município e assim sucessivamente.

O trabalho de georreferenciamento das bases de dados exige que os dados estejam relacionados a unidades espaciais. Grande parte dos bancos de dados utilizados na área de saúde possuem campos de identificação do município. Por outro lado, as bases cartográficas devem conter campos que permitam o relacionamento com bases de dados. Dentre as possíveis unidades espaciais de agregação de dados que possibilitam a indexação destas bases encontram-se o endereço do evento, o setor censitário, o território do código de endereçamento postal (CEP), o bairro e o município.

A escolha da unidade espacial mínima de agregação de dados influirá sobre a forma e estrutura que terão a base de atributos e a base cartográfica. Barcellos & Santos (1997) definiram alguns critérios relevantes para a escolha de uma destas unidades espaciais, possibilitando diferentes níveis de agregação, explicitados a seguir.

- A presença e qualidade do registro destas unidades nos bancos de dados. Grande parte dos bancos de usuários de serviços contém o CEP, o que facilita o endereçamento de dados nesta unidade. Já o endereço de logradouros necessita uma fase de crítica de dados devido à variabilidade do seu preenchimento nos bancos de dados. Apesar da sua baixa qualidade, o endereço é um campo geralmente presente nos grandes bancos de dados de saúde, nas gerências municipais.

- O reconhecimento da unidade espacial por parte da população. A identificação da unidade espacial por parte do usuário do sistema garante a qualidade do dados de endereçamento, ao mesmo tempo em que promove a apropriação das informações, por tornar o dado mais inteligível. Os bairros e municípios, são facilmente reconhecíveis pela população. Uma das dificuldades do uso do setor censitário como unidade espacial de agregação de dados é seu desconhecimento pela população, pois seu uso não faz parte do cotidiano.
- A unidade espacial deve delimitar territórios que contenham dados de interesse para a saúde e ambiente. O distrito sanitário é uma unidade de gestão que contém dados estratégicos para estes setores. O CEP, por outro lado, não está diretamente relacionado a informações de saúde, dificultando o cálculo de indicadores. Já, o setor censitário é vinculado a dados sociodemográficos que permitem a construção de indicadores com maior facilidade.
- A unidade deve ser identificada como delimitador de um território sociopolítico de atuação de grupos populacionais organizados e de instâncias administrativas do Estado. O uso do bairro como unidade de referência possibilita a localização de informações que permitem direcionar ações específicas de planejamento integrando a participação da população nas instâncias de decisão política, como as Regiões do Orçamento Participativo (conjuntos de bairros) no município de Porto Alegre.
- As unidades espaciais devem possuir “homogeneidade interna” dos fatores a serem analisados. Nenhuma unidade espacial é completamente homogênea. A homogeneidade pretendida será sempre relativa aos critérios que forem utilizados para diferenciar áreas. De um modo geral, deve-se buscar unidades que delimitem características semelhantes internamente e capazes de diferenciar ao máximo a área estudada
- É necessário que as unidades espaciais permitam níveis de agregação progressivos. Para promover a integração das informações utilizando diferentes unidades de referência é imprescindível que os níveis mais desagregados estejam perfeitamente contidos nos níveis superiores. Os bairros, por exemplo, estão contidos em um só município, que por sua vez está contido num estado. Já, os limites de bacias hidrográficas, muitas vezes extrapolam os territórios administrativos

distritais, municipais e estaduais, o que impede a reagregação dos dados de um nível para outro.

- Ao escolher a unidade espacial de agregação de dados também está sendo definida a escala de observação dos fenômenos. Deve-se ter presente a natureza dos eventos que serão analisados para poder definir a escala de modo que as interações de interesse possam ser captadas (Barcellos & Bastos, 1996). Por exemplo, se o objetivo é definir microáreas de risco dentro do território de abrangência de uma unidade de saúde, a unidade espacial escolhida deve permitir a caracterização diferencial deste território, como o setor censitário. Caso o objetivo seja caracterizar as áreas de um município em relação a cobertura de rede ambulatorial, poderia ser utilizado o bairro como unidade espacial de agregação para evidenciar locais sem oferta deste serviço.

É importante ressaltar que uma das grandes contribuições dos SIG é a possibilidade de realizar operações entre diferentes camadas de informação, permitindo o manejo de informações referidas à unidades que não se sobreponham perfeitamente. Desta forma, pode-se realizar a estimação de indicadores para outros níveis de agregação diferentes do seu original, é claro que com algumas limitações. Isto pode ser útil quando são usadas fontes de dados secundárias, sendo preferível organizar os diferentes níveis, perfeitamente sobreponíveis quando se está estruturando bases primárias de dados.

## **FONTES NACIONAIS DE DADOS SOBRE SAÚDE E AMBIENTE**

### **Fontes de Dados Não-Gráficos**

No Brasil, existem diversos sistemas nacionais de informação sobre saúde, sob responsabilidade do Departamento de Informática do SUS – DATASUS e do Centro Nacional de Epidemiologia – CENEPI, da Fundação Nacional de Saúde (FNS), órgãos do Ministério da Saúde. Carvalho (1997) apresenta uma revisão sobre estes Sistemas e principais indicadores que podem ser construídos a partir das informações que eles contêm. Destacamos a seguir os principais Sistemas que têm sido utilizados para análise espacial em saúde.

As Estatísticas Vitais são fornecidas pelo Sistema de Informações de Mortalidade – SIM, desde 1979, e pelo Sistema de Informações de Nascidos Vivos – SINASC, desde 1994. Os dados do SIM e do SINASC, coletados pelos gestores municipais e estaduais, são enviados ao gestor nacional, que os disponibiliza para o público em geral, através de anuári-

os e CD-ROM (por enquanto, apenas para o SIM), disponível também na home page do DATASUS. As informações dos sistemas SIM e SINASC permitem analisar os eventos relativos a nascimento e morte, na vigilância e análise epidemiológica, além de construção de indicadores para uso de estatísticas demográficas e de saúde.

O Sistema de Informações Hospitalares - SIH-SUS, processa as Autorizações de Internação Hospitalar – AIH, desde 1981, com mais descentralização a partir de 1994, dispõe de informações sobre recursos destinados a cada hospital que integra a rede do SUS, as principais causas de internações no Brasil, a relação dos procedimentos mais frequentes realizados mensalmente em cada hospital, município e estado, a quantidade de leitos existentes para cada especialidade e o tempo médio de permanência do paciente no hospital.

O Sistema de Informação de Atenção Básica - SIAB, foi desenvolvido pelo DATASUS conjuntamente com a Coordenação de Saúde da Comunidade - COSAC/SAS, com o objetivo de subsidiar municípios, estados e o Ministério da Saúde com informações fundamentais para o planejamento, acompanhamento e avaliação das ações desenvolvidas no âmbito do Programa de Agentes Comunitários de Saúde – PACS e do Programa de Saúde da Família – PSF. Atualmente, estas informações só estão disponíveis no nível local. O PACS atua na prevenção de doenças e na promoção da saúde, com o compromisso de levantar dados sobre condições de vida da população da área onde atuam. A Unidade Básica de Saúde da Família, à qual estes programas estão vinculados possui uma área de abrangência delimitada territorialmente com uma clientela adscrita, que é dividida em sub-áreas sob responsabilidade de cada agente de saúde.

O Sistema de Notificação de Agravos – SINAN, registra dados, de maneira mais estruturada desde 1995, de doenças de notificação compulsória que são coletados pelos gestores municipais e estaduais e, posteriormente, são enviados ao gestor nacional. Este Sistema foi desenvolvido pelo CENEPI. Para as doenças cuja notificação é obrigatória em todo o território nacional, existe uma padronização que permite a consolidação das informações nacionais. Entretanto, cada nível gestor tem autonomia para acrescentar doenças relevantes na sua área de abrangência, de acordo com as particularidades de cada local, o que gera uma variação importante da cobertura e da qualidade das informações. Por isso, de acordo com a doença de interesse, pode ser mais conveniente acessar as informações desse Sistema, junto às Secretarias de Saúde Municipais e Estaduais.

O Censo Demográfico é realizado de dez em dez anos coletando informações sociodemográficas da população residente em todo o território nacional, sob responsabilidade da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. São pesquisadas, cerca de 240 variáveis que

após consolidação são disponibilizadas em home page do IBGE e através de CD-ROM. As informações mais recentes são do censo demográfico de 1991 e da contagem populacional de 1996. As informações referenciadas aos setores censitários, podem ser obtidas por encomenda ao IBGE, enquanto os demais consolidados podem ser acessados diretamente via Internet ou pela aquisição do CD-ROM.

Os dados sociodemográficos são informações sobre a população e geralmente incluem idade, escolaridade, condição de emprego, renda, condições de moradia (abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo, número de banheiros e cômodos do domicílio, entre outros). Apesar de coletados sobre indivíduos e domicílios, os dados são consolidados por área. A área mínima é o setor censitário (área sob responsabilidade de cada recenseador que abrange um conjunto médio de 300 domicílios) que são agregados em municípios, estados e país, sucessivamente. Estas informações são extremamente úteis para se conhecer o perfil da população de uma determinada área, além de constituírem a base de dados de muitos denominadores populacionais usados para o cálculo de indicadores de saúde, como, por exemplo, taxas de mortalidade.

A tabela 1 demonstra as principais características destas bases de dados que podem ser utilizadas nas análises espaciais na área de saúde.

BASES DE DADOS	ATUALIZAÇÃO	INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL	UNIDADE DE REGISTRO	UNIDADE ESPACIAL DE REFERÊNCIA
sistema de informações de mortalidade				
SIM	anual	DATASUS	óbito	município, endereço*
Sistema de informações de nascidos vivos				
SINASC	anual	DATASUS	nascimento	município, endereço*
Sistema de informações hospitalares - autorização de internação hospitalar (AIH)				
SIH/SUS	mensal	DATASUS	procedimento médico	CEP, endereço*
Sistema de informação de atenção básica				
SIAB	mensal	PACS/PSF	família	microárea
Sistema de notificação de agravos				
SINAN	mensal	CENEPI	agravo à saúde	bairro, endereço*
Censo demográfico				
CD	decenal	IBGE	domicílio	setor censitário

Tabela 1. Bases de dados dos sistemas nacionais de informações de interesse para a saúde, instituições responsáveis e atualização.

\* O registro de endereços nas bases de dados de morbi-mortalidade é mantido em arquivo separado e sigiloso nas secretarias municipais e estaduais de saúde.

## Fontes de Dados Cartográficos

Cada país possui uma ou mais organização governamental cuja responsabilidade é o levantamento planialtimétrico, sistemático, do território nacional.

No Brasil, é possível obter-se dados cartográficos nas seguintes Instituições:

- Fundação IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): responsável pelo mapeamento sistemático de todo o território nacional, em escalas pequenas (1/25.000 e menores).
- DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército): divide com o IBGE a responsabilidade pelo mapeamento sistemático.
- DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação): responsável pela geração de cartas náuticas.
- ICA (Instituto de Cartografia da Aeronáutica): responsável pela geração de cartas aeronáuticas.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais): responsável pela aquisição e distribuição de imagens de satélite LANDSAT.
- PREFEITURAS: responsáveis pelo levantamento cadastral dos municípios.

Sugere-se que, antes da contratação de empresas para construção de bases cartográficas, sejam estabelecidos contatos com estes órgãos, visando a obtenção de bases através de convênios e parcerias.

## Qualidade dos Dados

A qualidade de dados é fundamental para que se possam enfrentar os problemas corretamente. Dados incorretos originam informações não confiáveis, o que, conseqüentemente, ocasiona erros gerenciais e desperdícios em todas as dimensões de um processo gerencial, público ou privado.

Tendo em vista que o desenvolvimento de uma base de dados SIG envolve a integração de dados de múltiplas fontes, com precisões, escalas, estruturas geométricas, resoluções espaciais e outras características, variadas, o conhecimento da qualidade dos dados permite aos usuários tomar decisões válidas acerca de sua utilidade para aplicações específicas. Os dados que servem a uma determinada aplicação podem ser totalmente inadequados a outra.

A avaliação da qualidade dos dados deve considerar aspectos como: a precisão, a exatidão, a época, a atualidade, a integridade e a consistência, entre outros, tanto para aquisição de mapas digitais quanto de mapas analógicos que serão digitalizados. Os mapas sempre devem estar ligados a

um referencial geométrico, de preferência geodésico, caso contrario, tratam-se de simples desenhos – representações gráficas que geralmente não expressam coerentemente a superfície terrestre. O detalhamento destes aspectos é feito no capítulo a seguir.

É importante ressaltar o papel das ações intersetoriais na melhora da qualidade da captação, registro e disponibilização de informações de interesse para saúde e ambiente. Na medida em que aumenta a necessidade de integração das informações de bases de dados de diferentes setores, os sistemas de informações podem ser otimizados através da padronização de referência a unidades espaciais de análise e da facilitação do acesso. Observa-se que a possibilidade de ações intersetoriais e a disponibilização das bases de dados têm sido mais efetivas nos locais onde a iniciativa de construção de SIGs partiu de órgãos governamentais. Por sua característica simultânea de produtor e usuário das informações para o planejamento, os órgãos do executivo têm maior facilidade para a definição da forma como os dados serão captados e de que maneira serão possibilitadas estas integrações. Por outro lado, o uso intensivo e descentralizado dos dados é que vai garantir a permanência dos projetos de geoprocessamento e mesmo a qualidade dos dados.

# ARMAZENAMENTO DOS DADOS EM SIG

Maria de Fátima de Pina

A base de dados dos SIG é uma coleção estruturada de dados digitais espaciais que têm como característica básica o fato de serem compostos por duas componentes distintas:

- Gráfica (mapas): descreve a localização, as feições geográficas e os relacionamentos espaciais entre as feições, ou seja, a descrição gráfica do objeto como simbolizado num mapa. Pode incluir coordenadas, códigos e símbolos que irão definir os elementos cartográficos específicos de um mapa; e
- Não-Gráfica, ou alfanumérica (tabelas): descreve os fatos e fenômenos, sociais e naturais, representados no mapa; também chamada textual ou atributiva, representa as características, qualidades, ou relacionamentos de feições na representação cartográfica.

Os dados usados em SIG representam algum fenômeno acerca do mundo real, em uma dada época, correspondendo a uma abstração da realidade. É importante determinar quais os dados que são realmente relevantes para a aplicação a que se destinam, pois o processo de coleta é caro e o excesso de informações dificulta a utilização dos dados que realmente interessam.

As componentes gráficas e não-gráficas dos dados espaciais têm características distintas, por isso exigem técnicas particulares para se otimizar o seu gerenciamento. Em grande parte dos programas de SIG, as duas componentes ficam armazenadas em bases de dados distintas, em que os dados gráficos são manuseados diretamente pelo programa de SIG e os não-gráficos são gerenciados por Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) convencionais.

A integração entre as duas componentes dos dados espaciais é uma característica básica dos SIG e se dá através de códigos comuns aos registros nas duas bases, chamados geocódigos.

A tendência atual dos programas de SIG é utilizar o conceito de Geodado, não fazendo mais distinção entre a componente gráfica e tabular, que são armazenadas conjuntamente numa mesma base de dados.



## BANCOS DE DADOS NÃO-GRÁFICOS

### Banco de Dados Atributivos

Os dados de atributos não-gráficos fornecem informações descritivas acerca das características das feições gráficas. Estão ligados aos elementos gráficos através de identificadores comuns, normalmente chamados de geocódigos, que estão armazenados tanto nos registros não-gráficos, como nos gráficos. Nesta classe incluem-se os dados qualitativos e quantitativos que descrevem os pontos, as linhas ou os polígonos inseridos na base de dados. Por exemplo, um arquivo na base de dados gráficos que descreva segmentos de uma estrada, tem um arquivo de atributos a ele associado que pode incluir o nome da estrada, tipo de pavimentação, a data de construção, dentre outras características.

Um SIG está apto a questionar ou analisar os atributos separadamente e a gerar uma representação gráfica baseada nos valores não-gráficos, ou seja, pode exibir somente as feições que correspondam aos atributos selecionados.

A organização dos dados atributivos é feita segundo as técnicas convencionais de bancos de dados. A grande maioria dos SIG utiliza o modelo relacional, em que a estruturação dos dados se dá através de tabelas, chamadas tuplas, onde cada linha corresponde a uma ocorrência e cada coluna corresponde a um atributo da entidade. O método mais comum de se estabelecer estes relacionamentos é através do armazenamento de códigos comuns, que identifiquem univocamente a entidade, e que recebem o nome de "chave primária".

### Dados Geograficamente Referenciados ou Alfanuméricos

Descrevem eventos ou fenômenos físicos que ocorrem numa localização geográfica específica. Ao contrário dos atributos não-gráficos, não descrevem as feições do mapa por si mesmos. Ao invés disso, este tipo de dado descreve eventos ou ações, como por exemplo: óbitos, nascimentos ou relatórios ambientais, que podem ser relacionados a localizações geográficas específicas, como domicílios, setores censitários, etc.

Dados georeferenciados são armazenados e gerenciados em arquivos separados e não diretamente associados às feições gráficas numa base de dados SIG. Contudo, estes registros contêm elementos que identificam a localização do evento ou fenômeno.

## Organização de Bancos de Dados Alfanuméricos

O SIG na realização plena de suas funções explora os relacionamentos entre dados gráficos e não-gráficos. O método mais comum de se estabelecer estes relacionamentos é através do armazenamento de identificadores comuns a cada grupo. Estes indexadores podem ser códigos que os relacionem univocamente, chamados geocódigos. Ao processo de colocação de geocódigos, dá-se o nome de geocodificação.

A Figura 11, apresentada em seguida, mostra os geocódigos da base de favelas do município do Rio de Janeiro.

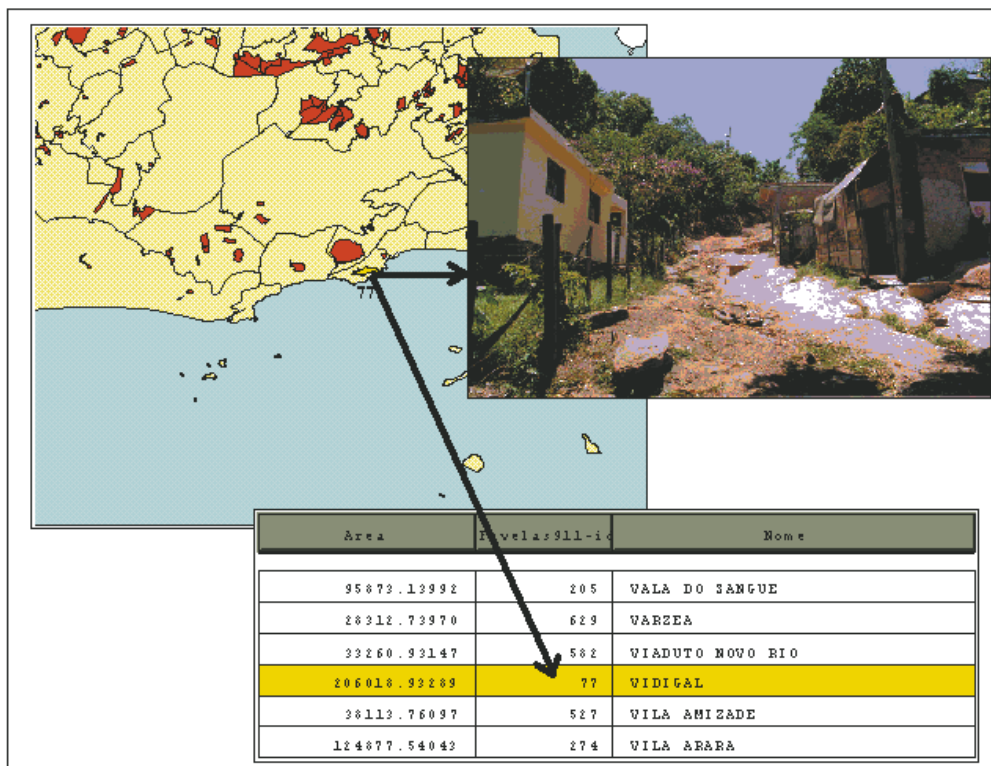


Figura 11. Relacionamento entre dados gráficos e não-gráficos através de um geocódigo.

A ligação entre as duas bases de dados pode ser feita, também, por meio da indicação da localização geográfica. Neste caso, inclui-se um campo, nos registros da base de dados não-gráficos, contendo o par de coordenadas que determina a localização do objeto. Este método é mais utilizado para dados pontuais, como se observa na Figura 12, em que a localização de unidade de saúde se dá através de um par de coordenadas.

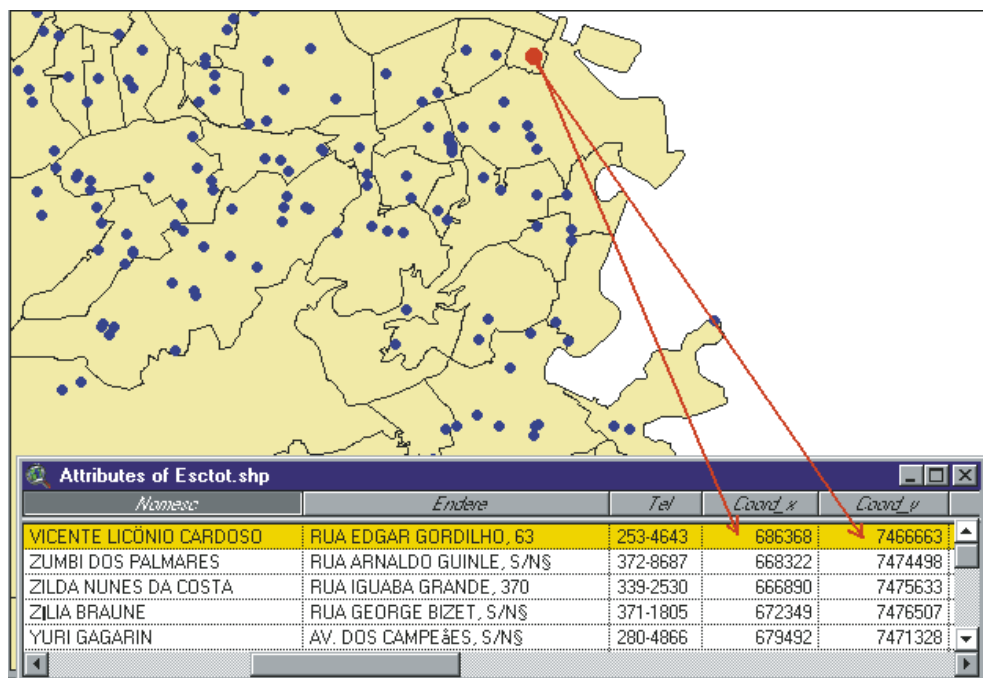


Figura 12. Relacionamento entre dados gráficos e não-gráficos através de coordenadas.

## BANCOS DE DADOS GRÁFICOS

### Componentes dos Dados Gráficos

Os dados gráficos apresentam quatro componentes principais:

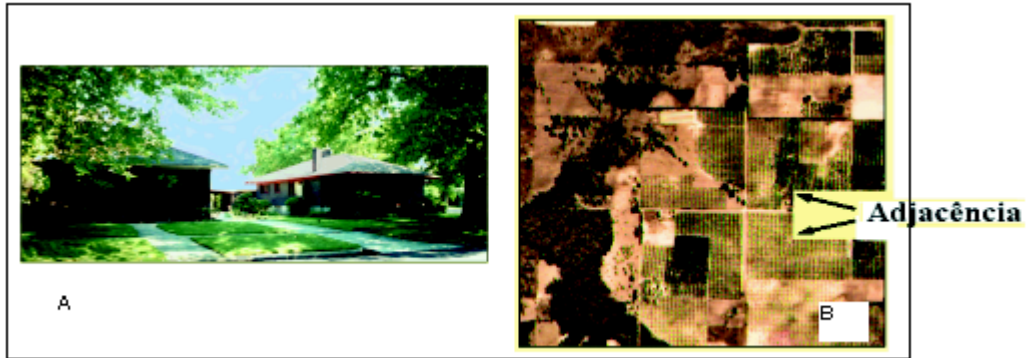
posição geográfica - caracteriza a posição de um objeto em relação a um sistema de referência qualquer;

atributos geométricos - tem a finalidade de descrever os objetos geometricamente;

tempo - referencia as informações geográficas a uma época ou período no tempo;

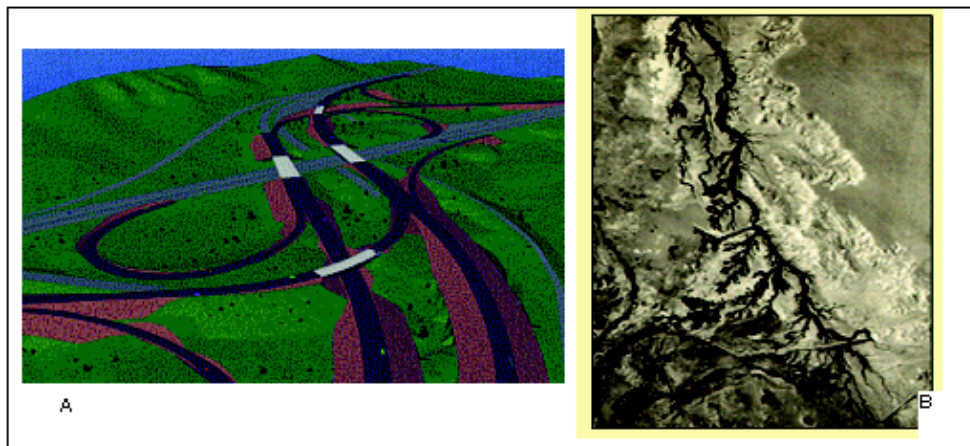
relacionamentos espaciais ou topologia - refere-se à posição de um objeto em relação aos demais que pode ser de: adjacência, conectividade, contingência, proximidade.

Os objetos são adjacentes quando compartilham limites, como por exemplo, no caso de lotes de terreno ou casas vizinhas, apresentados nas figuras 13A e 13B.



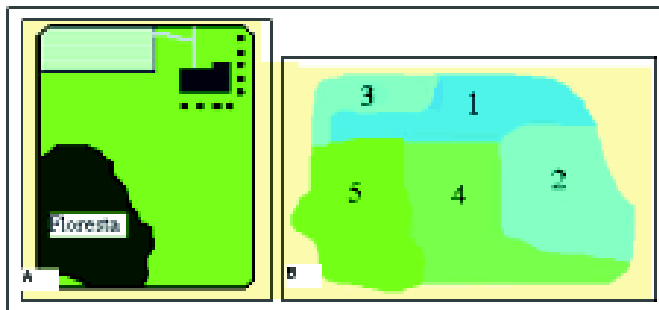
Figuras 13A e 13B. Relação topológica de adjacência entre dois lotes urbanos

A relação de conectividade ocorre quando os objetos estão ligados uns aos outros, como por exemplo, acontece na rede de drenagem ou na rede rodoviária (Figuras 14A e 14B).



Figuras 14 A e 14B. Relações topológicas de conectividade .

A relação de contingência ocorre quando uma feição está incluída em outra, por exemplo, um bairro contido num município, uma casa contida num lote de terreno (Figuras 15A e 15B).



Figuras 15 A e 15B. Relações topológicas de contingência.

## Organização de Bancos de Dados Cartográficos

Na maioria dos programas de SIG, os dados gráficos são organizados em forma de planos de informação (layers), ou seja, como uma série de camadas, cada uma das quais contendo feições gráficas espacialmente relacionadas. Cada camada, que representa um tema ou uma classe de informação, é um conjunto de feições homogêneas que estão posicionalmente relacionadas às outras camadas através de um sistema de coordenadas comum.

A organização por planos de informação é definida segundo os temas de interesse no estudo, tais como: trechos de rua, setores censitários, eixos viários, curvas de nível, localização de serviços, entre outros (Figura 16). Esta organização caracteriza a estratificação das informações em níveis ou camadas distintas, permitindo flexibilidade e eficiência no acesso. A definição dos temas que irão compôr a base de dados faz parte da modelagem do sistema e depende dos objetivos do projeto. Por exemplo, para a área da saúde, o tema hidrografia, pode estar todo inserido numa só camada, enquanto que para a área ambiental, a hidrografia será composta por diversas camadas: rios principais (navegáveis e não navegáveis), intermitentes, lagoas, represas, etc.

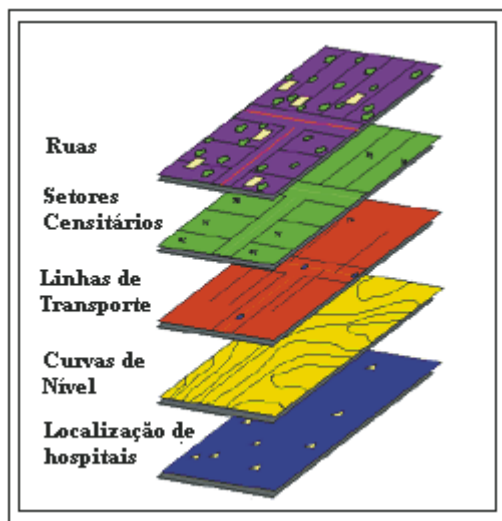


Figura 16. Organização dos dados gráficos na forma de níveis de informação.

Um dos grandes entraves à plena utilização dos SIG no Brasil, não só na área da Saúde como em todas as áreas, diz respeito à falta de bases cartográficas atualizadas e em formato digital. A utilização de um SIG pressupõe a utilização de mapas digitais e é fundamental a percepção por parte das Prefeituras da necessidade de manterem suas bases cartográficas atualizadas. Muitas vezes a justificativa para a ausência de bases cartográficas é o custo. Argumenta-se que é muito caro fazer o mapeamento de um município. Quanto custa uma base cartográfica?

Pois façamos a pergunta de uma outra maneira. Quanto custa NÃO ter uma base cartográfica? Quanto a Prefeitura está deixando de arrecadar em impostos? Qual o preço que pagam as diversas secretarias por não ter um levantamento de seu território para o planejamento de ações?

Os exemplos são inúmeros de prefeituras que duplicaram e até triplicaram a sua arrecadação de impostos, após terem feito as bases cartográficas adequadas. Os investimentos em um levantamento cartográfico quase sempre têm um retorno financeiro em até dois anos. Ou seja, o investimento é totalmente recuperado num período curto de tempo, após o qual a prefeitura passa a lucrar com o aumento da receita do município.

O que falta na maioria dos casos, é o conhecimento acerca da importância de manter uma base cartográfica atualizada. Um km de estrada custa bem mais do que 1km<sup>2</sup> de mapeamento, no entanto não se questiona a importância da estrada e o seu custo, porque os benefícios para a população são absolutamente óbvios.

Pois o mesmo acontece com relação aos mapas. Não cabe aqui discorrer sobre quanto custa o km<sup>2</sup> de um mapeamento, até porque depende de inúmeros fatores, mas sim da importância de se mapear o território. É fundamental que os prefeitos saibam, que devem investir na cartografia de seu município e que os benefícios que terão serão enormes, direta e indiretamente. Diretamente através da arrecadação de impostos e indiretamente através dos benefícios para a população de ações planejadas com base no conhecimento do território.

Existem várias alternativas para mapear uma cidade e estas devem ser analisadas. Por exemplo, se já existe cartografia da área, mas está desatualizada, pode ser contratado um vôo fotogramétrico da região e restituídas só as mudanças. Uma alternativa barata e que vem sendo muito utilizada para atualização da planimetria das bases cartográficas é o emprego das ortofotocartas, que são cartas montadas a partir de fotografias em que se corrigem os erros devidos às variações do avião e às distorções devidas ao relevo. Nas ortofotocartas podem ser efetuadas medidas diretamente sobre as fotografias como se fossem um mapa já que as distorções presentes foram corrigidas. A cartografia já existente pode ser sobreposta às ortofotocartas e as mudanças na planimetria vetorizadas a partir da imagem das fotografias, mantendo-se desta maneira uma atualização dos mapas. Para escalas pequenas (1/50.000 e menores) podem ser utilizadas imagens de satélite para atualização da planimetria. O uso de satélites de alta resolução para levantamentos cartográficos ainda está sendo avaliado, no que diz respeito à precisão possível de atingir.

## Geração de Base Cartográfica para SIG

A geração de uma base cartográfica compreende a coleta e seleção dos dados, a escolha da escala de representação mais adequada aos objetivos propostos, a estruturação de uma articulação em folhas, e a adequação e adoção de um sistema de projeção e de referência. Segue-se ainda, a fase de redação, que definirá a legibilidade do documento cartográfico a partir de critérios da linguagem cartográfica.

Os mapas são mais do que meios de comunicação e organização de conjuntos de dados e informações. A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas potencializaram a utilização dos mapas, não somente como meios de comunicação mas também como importantes instrumentos de análise espacial.

Existe um grande número de escolhas na geração de uma base cartográfica para um SIG, envolvendo não só as fontes de informação, como também o método de conversão da informação existente na forma convencional para o formato digital. Dependendo da qualidade da fonte e da aplicação planejada, a base cartográfica do SIG pode ser criada por combinação das diferentes fontes e métodos, guiando-se esta decisão, sempre, pela situação real dos dados a serem convertidos, e pelos objetivos das aplicações no ambiente de geoprocessamento a ser criado.

Quando há necessidade de converter mapas existentes em papel, para que o processo seja adequado, torna-se necessário analisar a questão sob os seguintes pontos:

- **Precisão dos mapas:** a conversão de mapas para a forma digital amplia as imprecisões já existentes nos mapas originais, o que recomenda a criteriosa análise das precisões resultantes em presença das aplicações previstas (por exemplo, se na digitalização de um mapa na escala de 1:100.000 ocorrer um erro de 1mm, quando utilizarmos esta base na escala de 1:10.000, o objeto estará deslocado em 1cm, ou seja, com erro de 100m na sua localização);
- **Atualidade:** caso os mapas estejam desatualizados, deve-se avaliar o processo de atualização quanto à sua economicidade tanto financeira quanto em termos de prazos;
- **Estabilidade:** convém que se avalie a base sobre a qual estão traçados os mapas, pois caso estes tenham ficado guardados por anos em base de papel, ou noutro meio instável, podem ter tido suas dimensões alteradas como resultado da umidade, variações de temperatura e outras influências ambientais que causam distorções quanto ao posicionamento das feições no mapa;



- **Manutenção:** mapas com dobras, manchas, sujeiras ou outras marcas são difíceis de converter para a forma digital, tanto pelo processo manual quanto pelo processo automático (que serão explicados mais adiante). Neste caso, pode ser necessário um redesenho do mapa.

A geração de novas bases cartográficas é um processo muito oneroso, por isso, inicialmente, deve-se estudar os mapas já existentes identificando a adequabilidade de seu uso como fonte para a base cartográfica digital. Por fim, quando da construção de uma base digital, é sempre importante verificar se existem algumas outras fontes de dados cartográficos além dos mapas. Por exemplo, fotos aéreas, imagens de satélite e dados de GPS podem ser fontes úteis, na atualização das bases cartográficas.

Existem dois métodos de conversão de mapas, já existentes, para a forma digital: a digitalização pelo método vetorial (ou manual) e pelo método matricial (ou automático).

### **Projetando uma Base Gráfica Digital**

As bases gráficas de um SIG, envolvem tanto as bases cartográficas, com representação das feições do terreno, através da hidrografia, relevo, vegetação, rede viária, etc, como também os demais mapas temáticos, como limites de áreas administrativas, limites de áreas de abrangência de hospitais, etc.

O desenvolvimento das bases cartográficas requer conhecimento especializado e normalmente é contratado a empresas de cartografia, enquanto as demais bases gráficas podem ser digitalizadas pela própria equipe do projeto, ou adquiridas através de acordos e convênios de outras instituições. Seja como for, no desenvolvimento das bases gráficas digitais para geoprocessamento é fundamental a atenção quanto a determinadas características, para permitir a sua compatibilização no ambiente computacional.

Assim sendo alguns cuidados devem ser tomados no sentido de conhecer os dados e a origem dos mapas. Os tópicos a considerar para cada uma das bases de dados são os seguintes:

- **Escala dos Mapas** - É importante lembrar que os mapas digitais, ao contrário dos mapas analógicos, são dinâmicos e não possuem uma escala fixa. Basta uma simples operação de zoom para alterar a escala do mapa. No entanto é muito importante o conhecimento sobre a escala do mapa em papel, que deu origem ao mapa digital, já que a todo o mapa está associado um erro cartográfico, que é função direta da escala do mapa. Assim, quando se amplia a escala de um mapa digital, está se ampliando igualmente os erros a ele associados o que



pode inviabilizar operações de superposição entre mapas de escalas muito diferentes.

- Sistema de Projeção - O conhecimento acerca do sistema de projeção do mapa é primordial, já que é necessário que todas as bases estejam compatibilizadas para o mesmo sistema. A maioria dos programas de geoprocessamento possui funções de transformação entre diferentes sistemas de projeção. Dependendo do programa de geoprocessamento utilizado, pode ser necessário transformar todos os mapas para o mesmo sistema de projeção e, só então será possível efetuar operações de manipulação de bases de dados diferentes. Outros programas não exigem essa prévia transformação, permitindo o armazenamento de mapas no seu sistema de projeção original, desde que os dados referentes à projeção estejam associados a eles. Quando se efetuam as análises de superposição de mapas, o sistema, automaticamente procede à compatibilização entre os diferentes sistemas, apenas para a visualização dos dados. Para o usuário, essa transformação é “transparente”, ou seja, ele não percebe que está ocorrendo. Acabada a operação, os mapas continuam armazenados no sistema de projeção original.
- Sistema Geodésico - O conhecimento acerca do sistema geodésico do mapa, é fundamental, para a compatibilização entre bases distintas. É importante notar, que os mapas podem estar no mesmo sistema de projeção, mesmo sistemas de coordenadas e mesma escala, e a superposição não ser perfeita. Nesse caso, é possível que esteja ocorrendo um erro de utilização de datum diferentes. Esse erro ocasiona um deslocamento entre os mapas que pode chegar até 80 m.
- Sistema de Coordenadas - É importante dar atenção às unidades do sistema de coordenadas. A falta de atenção neste sentido pode levar à incompatibilização de mapas, que estejam no mesmo sistema de projeção e mesmo sistema geodésico. Um exemplo é a malha de municípios do Brasil de 1993, disponibilizada pelo IBGE em que as coordenadas geográficas estão em décimos de segundo, o que leva à confusão de alguns usuários, que esperam que as coordenadas estejam em décimos de grau. É importante estar atento às informações correspondentes a cada base, normalmente divulgadas junto com os mapas.

### **Bases Digitais Desenvolvidas por Terceiros**

É bastante comum que na construção de uma base de dados para SIG, alguns dados sejam adquiridos através de convênios ou trocas entre parceiros. Neste caso, é importante o conhecimento de algumas outras característi-

cas dessas bases, além das já mencionadas, para que se possa programar a sua utilização conjunta no ambiente de geoprocessamento.

Se as bases já existirem em formato digital, é muito importante levantar as seguintes informações sobre a execução da digitalização: saber se o mapa está georeferenciado; qual o formato digital no qual está gravado; se possui topologia; qual o método de digitalização utilizado; quais os mapas que serviram de base à sua digitalização; quem executou a digitalização; e em que ano foi digitalizado.

No caso das bases estarem em papel, é preciso avaliar o estado de conservação do mapa para definir o melhor método de digitalização a ser utilizado.

### **Contratação de Serviços de Aquisição de Dados**

As especificações para contratação de serviços de aquisição digital de dados devem ser cuidadosas e não devem dar margem a interpretações duvidosas, que podem inviabilizar a utilização das bases digitais para SIG. É importante ter uma definição clara quanto aos objetivos do projeto, já direcionando o método de digitalização a ser utilizado. Cabe lembrar que a palavra digitalização pode se referir tanto à utilização de métodos manuais, cujo resultado são arquivos vetoriais, como os métodos automáticos, cujo resultado são arquivos matriciais. Se a especificação quanto à estrutura de dados desejada não for clara, podem ocorrer surpresas desagradáveis. Tanto num método quanto noutro, é importante exigir que seja feita a edição e correção dos erros de digitalização, bem como o georeferenciamento das bases. Outro aspecto que não deve ser omitido, refere-se ao formato final dos arquivos, que deve ser compatível com os programas utilizados no projeto de SIG.

Se a solicitação for para digitalização no formato vetorial, ou vetorização de dados matriciais, é importante lembrar que as estruturas do tipo spaguetti, são na verdade meros desenhos digitais e portanto não são adequadas para a utilização em SIG. Esta é a estrutura resultante, por exemplo, de um processo de restituição digital, de digitalização manual ou de vetorização de um mapa raster, o que significa dizer que após estes processos é necessário realizar uma série de etapas de edição e adequação destas bases para sua plena utilização num ambiente de SIG.

É fundamental exigir da empresa executora do serviço, que sejam tomados todos os cuidados no que se refere ao fechamento correto de polígonos e à edição dos erros de digitalização. Na figura 17, mostra-se um exemplo de bases digitalizadas em que não houve cuidado com a conexão perfeita entre as linhas da hidrografia. Em termos de desenho, não se percebe a diferença a menos que se façam sucessivos zoom. No entanto, para o computador não

existe a conexão entre as linhas e, portanto, ele não reconhece a ligação entre o rio principal e seus afluentes.

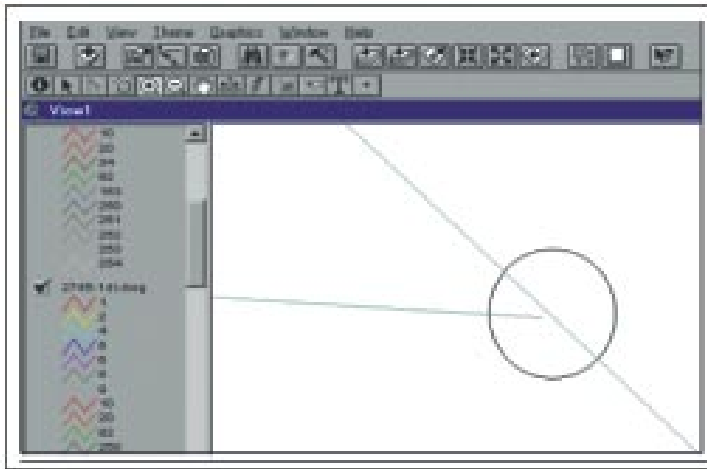


Figura 17. Erro de digitalização, na conexão entre linhas

Dependendo da situação, deve ser contratada também a geração de topologia, possibilitando a utilização da base em um SIG. É através da topologia, que o computador reconhece a existência das relações espaciais entre as feições de um mapa, tornando-o uma “mapa inteligente” e não apenas uma representação gráfica.

Por fim, nos casos em que a base cartográfica é composta por diversas cartas, é importante exigir a junção perfeita entre elas, bem como, a compatibilização em uma base única. Na figura 18, apresenta-se um exemplo de digitalização com incorreções nos limites entre folhas.

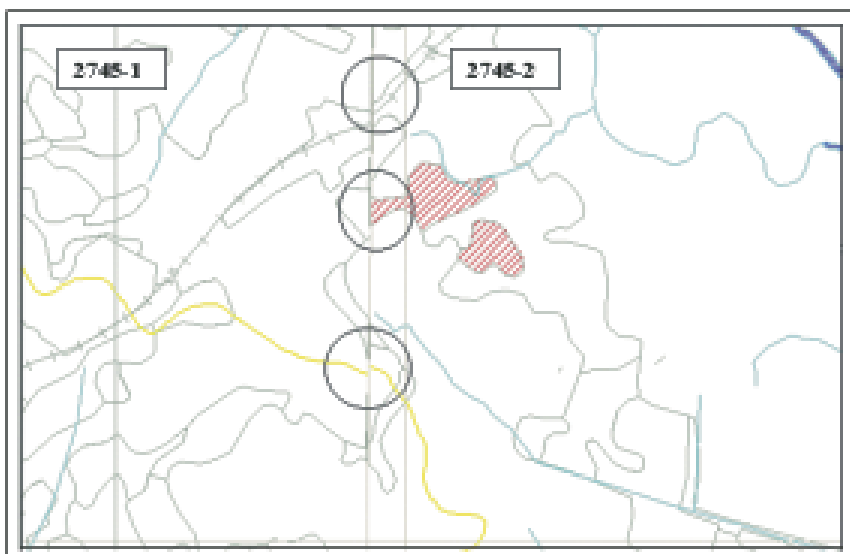


Figura 18. Feições não coincidentes entre folhas vizinhas



Na figura 20, apresentam-se as distorções encontradas na digitalização dos limites deste mapa de 1997 (em vermelho), com o anterior, de 1991 (em azul). A figura fala por si mesma e não são necessários maiores comentários.



Figura 20. Superposição das digitalizações de 1997 - vermelho e de 1990 – azul (CRUZ, 1999).

## ESTRUTURAS DE DADOS GRÁFICOS

As duas principais formas de se representar dados gráficos num meio digital são: o modelo matricial e o modelo vetorial. Ambos surgiram como solução para a estruturação de dados gráficos, contudo, tanto um quanto outro possuem vantagens e desvantagens de acordo com a utilização a que se destinam.

A maioria dos SIG atuais suporta ambas as estruturas, o que permite ao usuário efetuar transformações entre elas conforme lhe seja mais apropriado.

É importante ressaltar que nenhuma das estruturas é a ideal em todas as ocasiões, e os critérios de escolha baseiam-se fundamentalmente nos objetivos do projeto.

### Modelo Vetorial

Neste modelo todos os objetos ou condições do mundo real podem ser representados com precisão num mapa através de pontos, linhas ou polígonos. As feições geográficas (rios, estradas, etc) têm uma representação segundo um sistema de coordenadas referenciado ao sólido terrestre.

No modelo vetorial, existem dois tipos distintos de estruturas de dados: spaghetti e topológica, que têm finalidades distintas, como veremos em seguida.

### Estrutura spaghetti ou de linhas concatenadas

Na estrutura spaghetti, as coordenadas  $x$  e  $y$  das feições de um mapa são armazenadas num arquivo de dados, linha por linha. As linhas comuns a polígonos adjacentes são armazenadas duas vezes, uma vez para cada polígono, o que implica em forte redundância de dados.

Um ponto é codificado simplesmente pelo par de coordenadas  $x$  e  $y$  correspondente, enquanto que uma linha é armazenada pela lista de coordenadas dos seus nós (pontos de inflexão) e uma área, como um circuito fechado de coordenadas  $x$  e  $y$  que definam suas fronteiras. Como resultado, os arquivos se apresentam como listas de coordenadas, daí o nome de spaghetti, dado à estrutura. A sua simplicidade torna-a muito limitada para utilização em análises espaciais, uma vez que não se conhecem as relações espaciais entre os objetos (topologia), sendo necessário derivá-las computacionalmente. São as estruturas mais utilizadas em sistemas do tipo CAD em que o objetivo principal é a reprodução digital de mapas e não o desenvolvimento de análises espaciais.

A figura 21 apresenta um exemplo de estrutura spaghetti; e a Tabela 1, apresenta a estrutura de armazenamento das coordenadas.

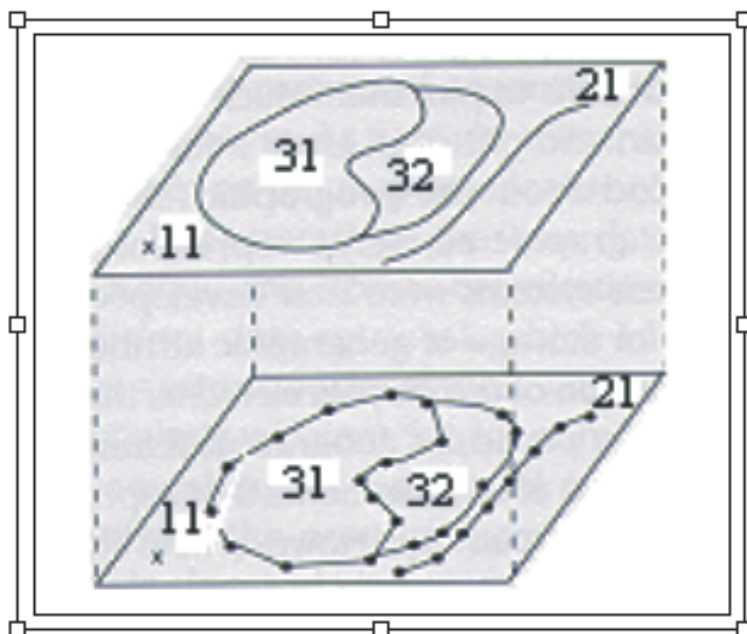


Figura 21. Modelo vetorial de armazenamento de dados gráficos - "Spaghetti" (Aronoff).

	Nº da Feição	Coordenadas
Ponto	11	x1, y1
Linha	21	x1, y1, x2, y2
Polígonos	31	x1, y1; x2, y2;...xn,yn; x1, y1
	32	x1, y1; x2, y2;...xn,yn; x1,y2

Tabela 2. Armazenamento de coordenadas na estrutura *spaguetti*.

## Estrutura Topológica

Para a realização de análises espaciais complexas, é necessário não apenas o desenho do mapa (como na estrutura *spaguetti*), mas também o conhecimento acerca dos relacionamentos espaciais entre as feições do mapa, para que o sistema possa responder perguntas do tipo: Quem são os vizinhos de uma determinada área ou propriedade? Qual a proximidade de um bairro em relação a um hospital? Qual o percurso que um paciente precisa fazer para ser atendido em um hospital? Quais os afluentes de um determinado rio que tenha sido poluído? Quais as cidades que estão sendo cortadas por esse rio? Qual a população que está num determinado raio em torno de uma fábrica que está poluindo o ar? Quantas propriedades estão dentro de uma determinada área?

Quando se observa um mapa, intuitivamente tem-se percepção dessas relações espaciais. Percebemos a estrutura de conexão de rios e estradas, proximidade, vizinhança, contingência. Mas o computador, ao contrário, depende de definições explícitas de como as feições estão relacionadas umas com as outras antes de poder processar os dados geograficamente. A estrutura topológica, instrui o computador através de tabelas, acerca de como os objetos geográficos (rios, estradas, bairros, etc) estão conectados entre si logicamente. Nesta estrutura, diferentemente da estrutura *spaguetti*, que só armazena a componente posicional (coordenadas) e os atributos dos dados, armazena-se também a componente topológica (relacionamentos espaciais), tornando-se conseqüentemente a mais adequada à análise espacial e outros estudos geográficos.

No processo de geração de topologia os pontos, linhas e polígonos presentes em um mapa, são transformados respectivamente em nós, arcos e polígonos, e armazenados em tabelas que instruem o computador sobre o relacionamento destas entidades gráficas. É o método mais largamente usado para codificar os relacionamentos espaciais num SIG.

Nó – entidade adimensional, usada para representar os pontos inicial e final dos arcos, ou as posições de feições pontuais, conforme apresentado na figura 22. A tabela de nós armazena as informações sobre os arcos que se conectam ao nó.

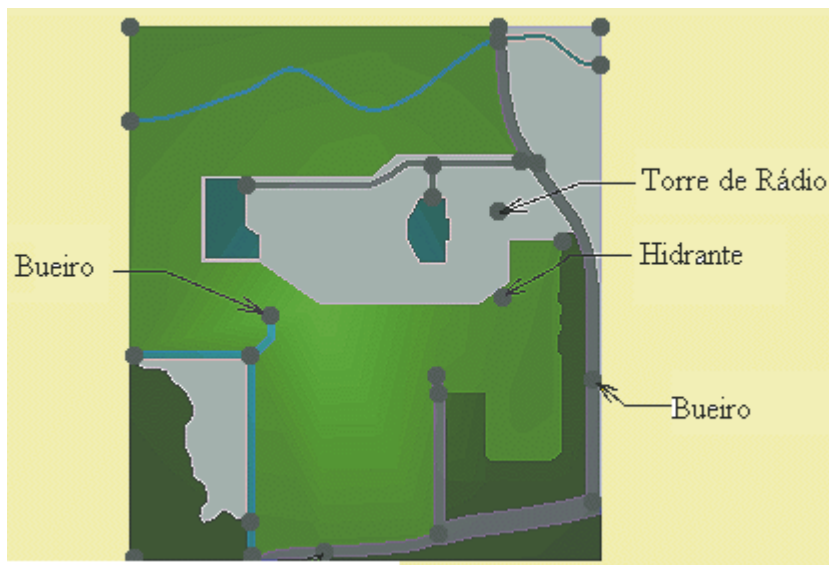


Figura 22. Representação da entidade gráfica: nó.

Arco - entidade unidimensional, com início e fim em um nó. Pode representar uma face de um polígono, ou parte de uma feição linear. A tabela de topologia de arcos armazena, além do nó inicial e final (dando a direção dos arcos), a informação sobre os polígonos vizinhos, à esquerda e à direita, conforme exemplifica a figura 23.



Figura 23. Representação da entidade gráfica: arco.

Polígono - entidade bi-dimensional, que representa feições de área. Os polígonos são definidos pelos arcos que compõem o seu perímetro. Na figura 24, observam-se alguns exemplos de polígonos.





Figura 24. Representação da entidade gráfica: polígono.

A figura 25 , apresentada em seguida exemplifica a estrutura topológica e as tabelas que armazenam as relações entre os nós, os arcos e os polígonos, bem como a tabela que armazena as coordenadas dos nós e dos vértices.

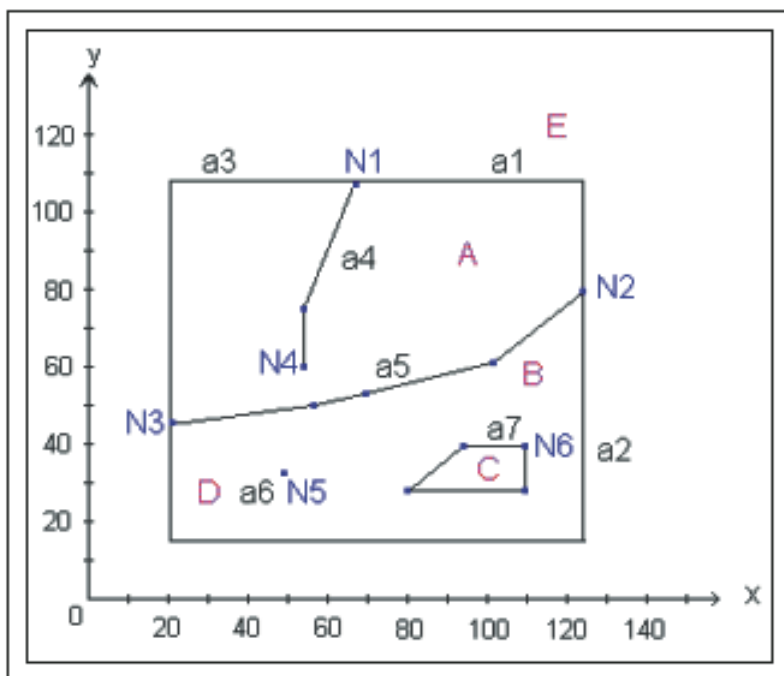


Figura 25. Modelo vetorial com relacionamento entre os objetos- Topológica.

POLÍG	ARCOS	ARCOS	NÓ INICIAL	NÓ FINAL	POLIG. DIR	POLIG. ESQ
A	a1,a5,a3	a1	N1	N2	E	A
B	a2,a5,0,a6,0,a7	a2	N2	N3	E	B
C	a7	a3	N3	N1	E	A
D	a6	a4	N4	N1	A	A
E	Área Externa	a5	N3	N2	A	B
		a6	N5	N5	B	B
		a7	N6	N6	B	C

Tabela 3. Topologia de polígonos e de arcos.

NÓ	ARCOS	ARCOS	X, Y INICIAL	X, Y INTERMEDIÁRIO	X, Y FINAL
N1	a1,a3,a4	a1	-	-	-
N2	a2,a2,a5	a2	-	-	-
N3	a4	a3	-	-	-
N4	a6	a4	-	-	-
N5	a7	a5	-	-	-
N6		a6	-	-	-
		a7	-	-	-

Tabela 3. Topologia de nós e armazenamento de coordenadas.

Repare-se que na estrutura topológica, as coordenadas são armazenadas uma única vez, evitando-se a redundância de dados existente na estrutura spaguetti, para polígonos vizinhos. Através das tabelas relacionais, é possível recuperar-se as informações sobre conectividade, adjacência, e contigência.

## Superposição de temas nas estrutura spaguetti e topológica

As operações de superposição de níveis de informação são distintas nas estruturas spaguetti e topológica. Como se pode observar pela figura 26 na estrutura spaguetti a superposição é meramente gráfica, ou seja, os dois níveis de informação continuam existindo de forma distinta (com as tabelas de atributos distintas) e são apresentados superpostos.

Já na estrutura topológica, após a operação de superposição existe efetivamente uma combinação entre os dois níveis de informação (mapas), gerando um terceiro nível (mapa), composto pelas informações anteriormente existentes nos dois mapas originais. Esta capacidade de análise e de geração efetiva de novas informações é que distingue os SIG, dos demais sistemas de visualização de mapas.

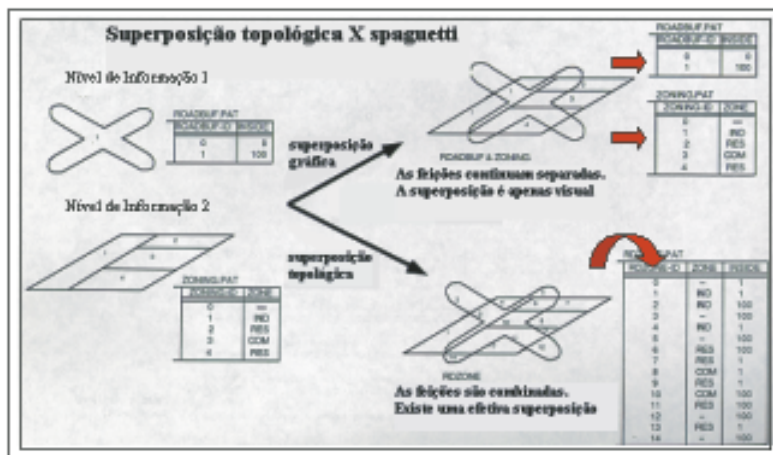


Figura 26. Comparação do modelo spaghetti e topológico.

### 2.3.1.4 Exemplo de análise vetoriais usando topologia.

Apresenta-se em seguida um exemplo de análise espacial entre diversos níveis de informação, utilizando funções só possíveis em sistemas que utilizam a estrutura de armazenamento de dados topológica. Repare-se que a cada combinação de níveis, um novo mapa é gerado, possibilitando novos cruzamentos.

EXEMPLO: As figuras 27 a 31 exemplificam uma análise espacial com operações topológicas.

PROBLEMA: escolha de um local para que uma fábrica de produtos químicos instale um depósito de lixo, sendo que a área destinada a esse fim, precisa atender a uma série de restrições. Tais restrições serão inicialmente analisadas uma a uma.

São os seguintes os critérios para escolha do local:

10 Km

Buffer de 500m ao longo das estradas

1 - A área deve estar a 10 Km, em torno da fábrica.

Esta questão envolve a relação topológica "contido em", já que o local deverá estar incluído numa área de limites "teóricos" de raio de 10 Km da fábrica

2 - O local deverá se situar a, no máximo, 500m de uma estrada de acesso.

Esta é uma relação topológica de "contido" e de "conectividade".

Figura 27: restrições de proximidade

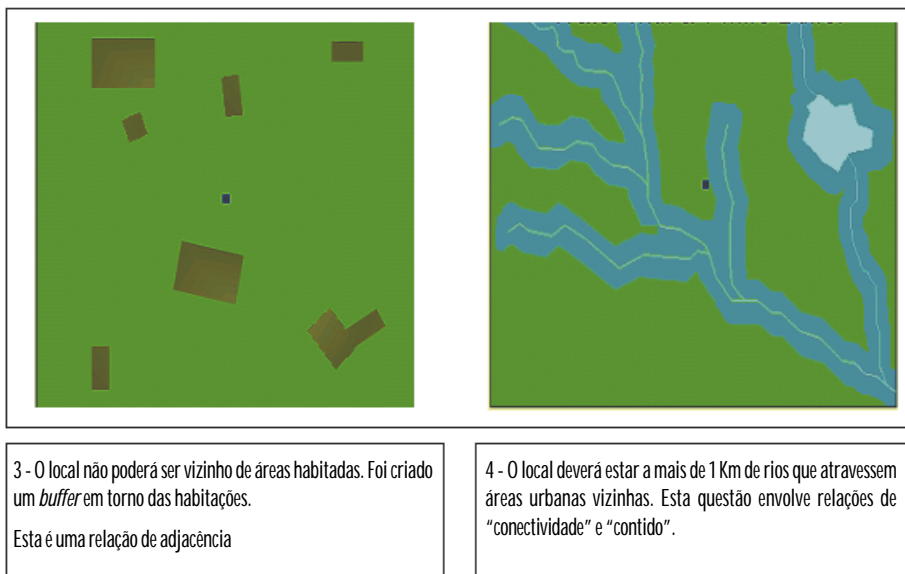


Figura 28: restrições de vizinhança

Definidas as restrições, inicia-se o processo de superposição dos níveis de informação e geração de novos níveis de informação.

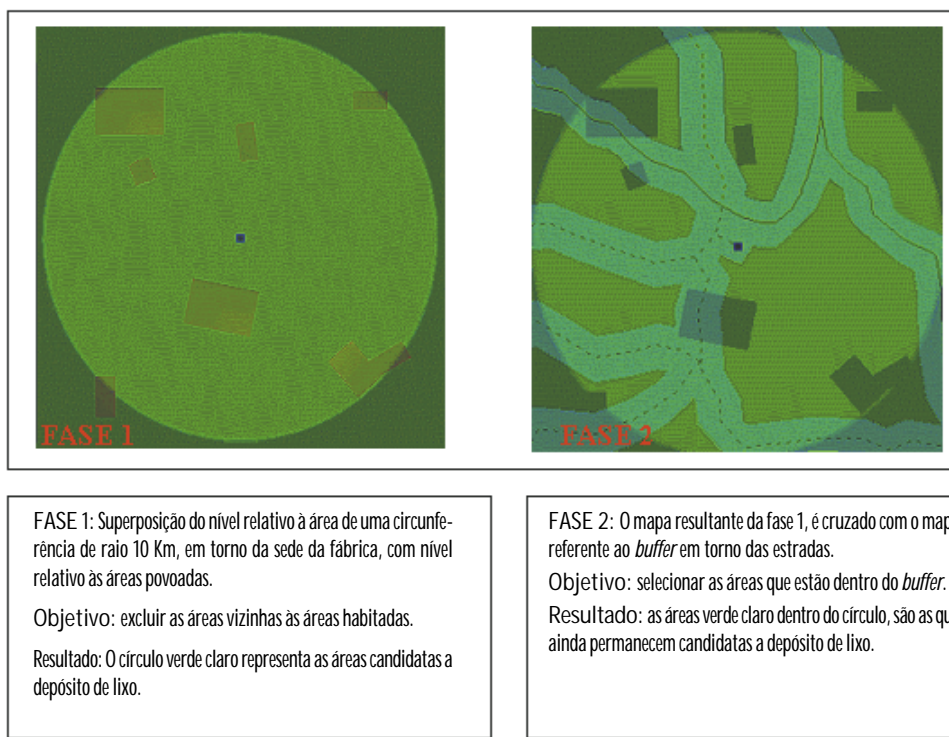


Figura 29: Operações de superposição

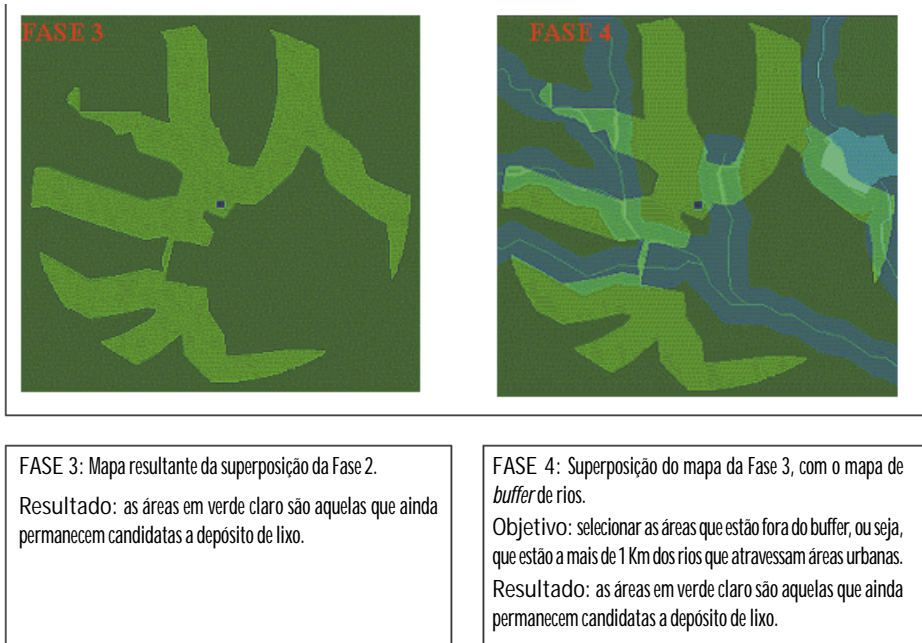


Figura 30: Seleção de áreas fora do buffer

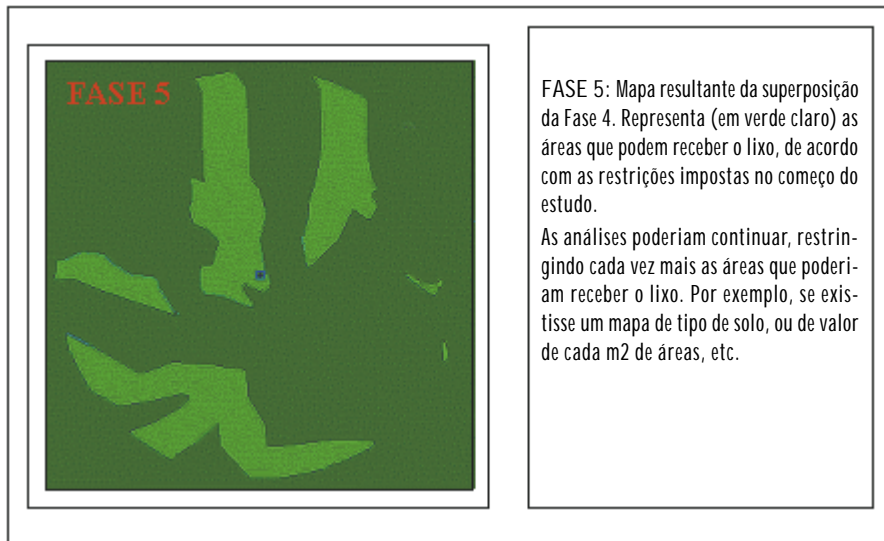


Figura 31: Resultado da análise espacial

### 2.3.2 Modelo Matricial ou *Raster*

Neste modelo o espaço é regularmente subdividido em células, elementos da matriz – pixel. A localização dos objetos geográficos ou as condições que os afetem é definida pela posição na linha e coluna da matriz de células, que ocupam.

Cada célula armazena um valor que indica o tipo de objeto ou condição que é encontrada naquela localização, o que é válido para toda a célula, independente de sua dimensão física. O espaço é ocupado por um grande número de células distribuídas regularmente, cada uma das quais pode ter um valor diferente (Figura 32). A área que cada célula representa define a resolução espacial, que é inversamente proporcional ao tamanho da célula. Ou seja, quanto maior a célula, menor a resolução espacial.

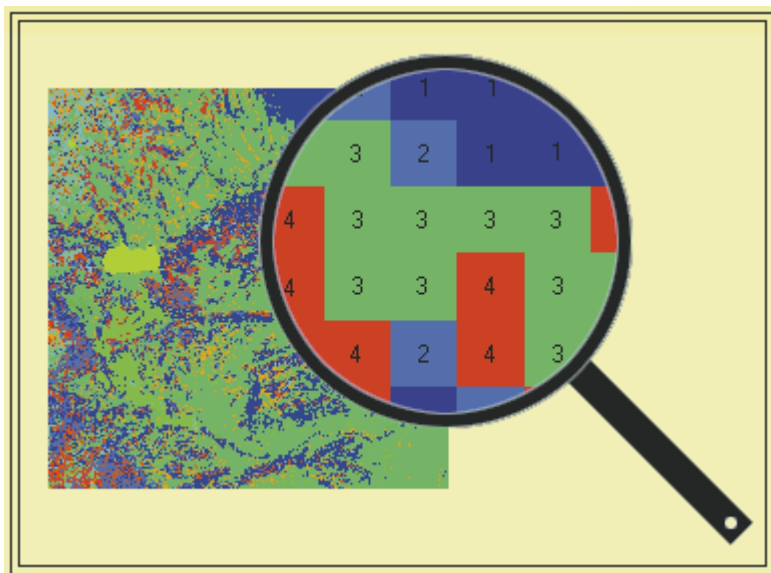


Figura 32. Modelo matricial de armazenamento de dados gráficos.

As imagens de satélite (Figura 33) são exemplos de dados gráficos na estrutura matricial.

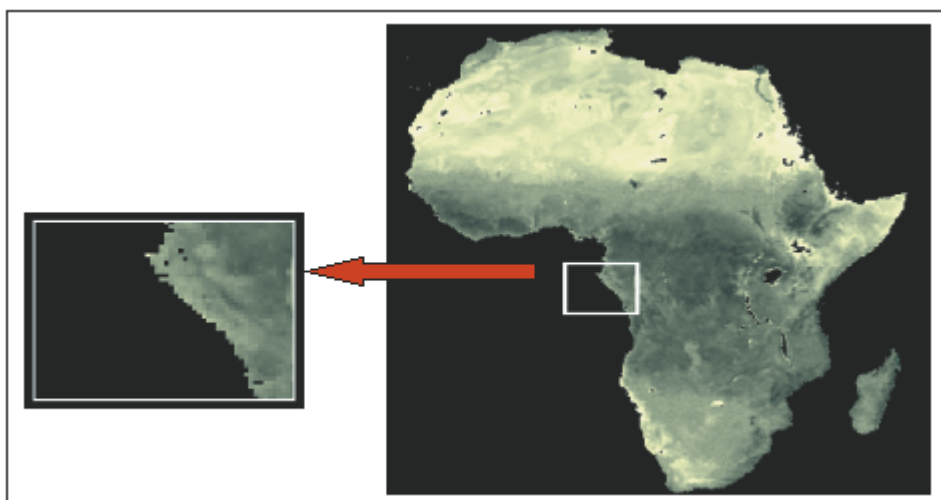


Figura 33. Imagem de satélite. No detalhe visualização das células (*pixel*) da matriz.

Ao contrário do modelo vetorial, as entidades no modelo matricial não correspondem às entidades espaciais que representam no mundo real. Isto porque as entidades espaciais no modelo matricial, são as células individuais. Por exemplo, uma estrada nunca existe como uma entidade matricial distinta. As células que representam a estrada é que são entidades.

Assim, uma estrada é representada por um grupo de células com a condição estrada, como pode ser observado na figura 34.

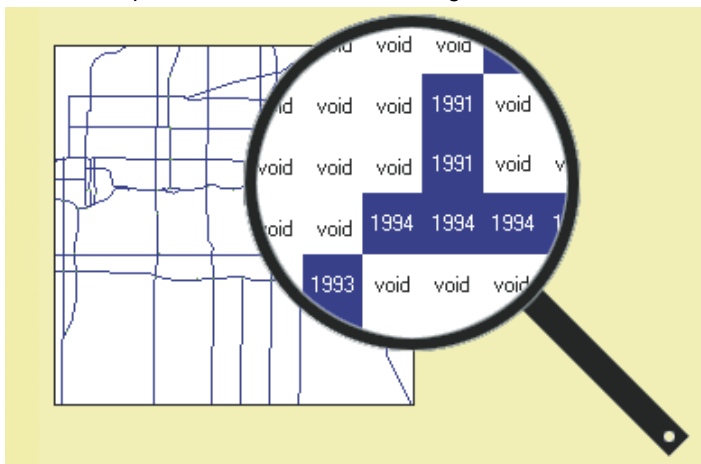


Figura 34. Armazenamento de feições lineares no modelo matricial.

Do mesmo modo, a representação dos pontos, se dá através das células que compõem aquele ponto. Dependendo da resolução da matriz (tamanho do grid e do pixel) e do tamanho da feição representada, um ponto pode ser representado por uma única célula. A figura 35, apresentada em seguida, exemplifica o armazenamento de dados pontuais na estrutura matricial.

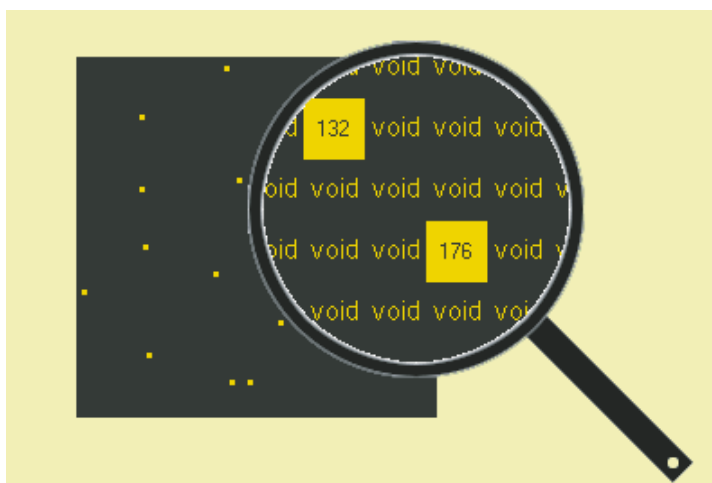


Figura 35. Armazenamento de feições pontuais na estrutura matricial.



## Superposição de temas na estrutura matricial

Uma das grandes vantagens da utilização da estrutura matricial diz respeito à facilidade de implementação das operações de superposição de níveis de informação. Como podemos observar na figura 36, a superposição nada mais é do que operações matemáticas entre matrizes, combinando as células de mesma posição (linha e coluna), nos diversos níveis de informação.

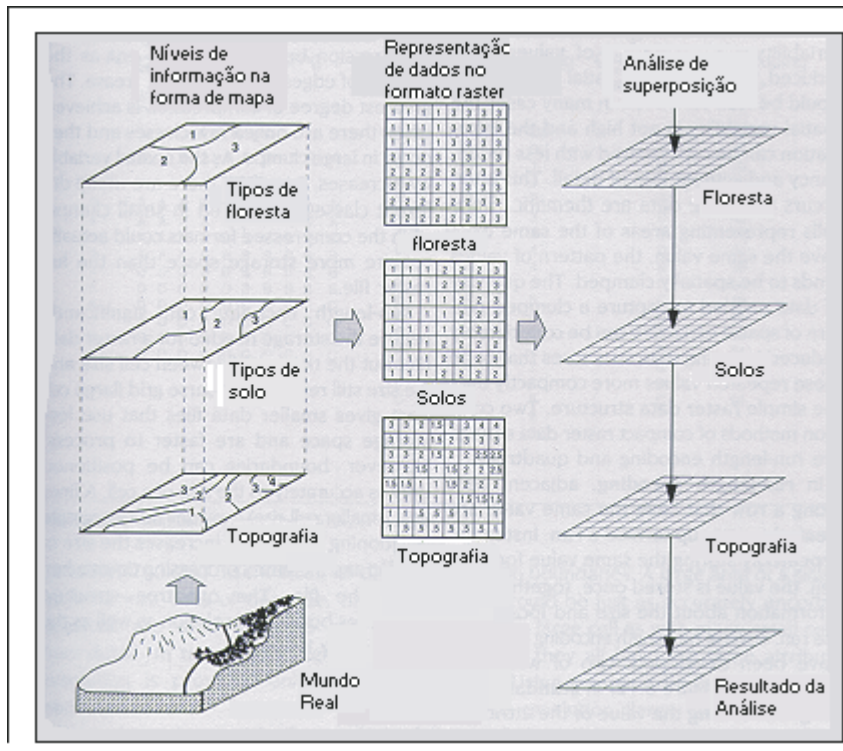


Figura 36. Superposição de níveis de informação na estrutura matricial.

## Comparação entre os Modelos Vetorial e Matricial

A maioria dos SIG atuais suporta tanto a estrutura matricial como a vetorial, permitindo transformações entre elas. É importante ressaltar que nenhuma das estruturas é a ideal em todas as ocasiões e os critérios de escolha baseiam-se fundamentalmente nos objetivos do projeto. De um modo geral quando o objetivo do estudo é a distribuição espacial de objetos, o desenvolvimento de análises de rede, e o conhecimento acerca dos relacionamentos espaciais entre os objetos, então a estrutura vetorial é a mais adequada. Por outro lado se o objetivo do estudo é a variabilidade espacial de um fenômeno (como é o caso em estudos ambientais, por exemplo), então a estrutura matricial pode ser mais adequada.



A tabela 5 apresenta resumidamente as vantagens e desvantagens de cada estrutura.

MODELO	VANTAGENS	DESvantagens
VETORIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrutura Compacta</li> <li>• Eficiência na análise de relacionamentos espaciais</li> <li>• Feições são representadas precisamente, por pontos, linhas e polígonos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrutura complexa exigindo programas sofisticados e caros</li> <li>• Operações de superposição de níveis de informação, mais complexas</li> </ul>
MATRICIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplicidade de implementação das operações de superposição</li> <li>• Programas mais baratos e simples de usar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de representação de relacionamentos topológicos</li> <li>• Dificuldade na associação de atributos a feições</li> <li>• Arquivos muito grandes</li> </ul>

Tabela 5. Comparação entre os modelos vetorial e matricial.

Maria de Fátima de Pina  
Carla B. Madureira Cruz  
Ronaldo Ismério Moreira

A aquisição de dados digitais para a construção das bases utilizadas em geoprocessamento, pode ser efetuada através de diversas metodologias, entre elas:

- Levantamentos de campo, tanto através dos métodos tradicionais de topografia, quanto através da utilização de aparelhos de GPS;
- Sensoriamento remoto;
- Digitalização de dados;
- Entrada de dados através do teclado do computador.

### LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Compreende um conjunto de atividades que visam, através de medições de campo, determinar posições relativas de pontos sobre a superfície terrestre. Desta forma, permitem a representação de porções da superfície com seus acidentes naturais e artificiais, complementações e atualizações de mapeamentos existentes, localização de pontos, coleta de dados, bem como apoio a projetos de engenharia, estudos geológicos, hidrológicos e ambientais de qualquer natureza.

#### **Topografia**

Os levantamentos topográficos são realizados sobre o “plano topográfico” também conhecido como plano do horizonte, que consiste em um plano tangente à superfície terrestre no ponto central da área mapeada. A Topografia, portanto, desconsidera a curvatura terrestre, restringindo assim a extensão da sua área de atuação a uma porção da superfície. As discrepâncias daí decorrentes são consideradas desprezíveis para os estudos realizados.

A extensão do plano topográfico está relacionada à precisão desejada para o levantamento. Em geral, uma extensão de 50 km<sup>2</sup> é tida como limite para a maioria dos estudos.

A Topografia é dividida em Planimetria e Altimetria. A Geodésia, por sua vez, procura através das medições de campo, determinar os parâmetros geométricos da forma da Terra. É adotado o elipsóide de revolução como superfície matemática para desenvolvimento dos cálculos. Os levantamentos geodésicos dão apoio à cartografia nacional e regional e aos levantamentos topográficos.

São utilizados os métodos convencionais de poligonação, triangulação e trilateração e mais recentemente com o avanço tecnológico, o posicionamento por rastreamento de satélites artificiais com utilização do sistema GPS (Global Positioning System).

### **GPS - Sistema Global de Posicionamento**

Sistema Global de Posicionamento (GPS) é um sistema de posicionamento contínuo e determinação de velocidade, baseado em satélites e operado pelo Departamento de Defesa dos EUA.

Consiste de três segmentos:

- Segmento Espacial: Sistema NAVSTAR – GPS (Figura 37), com as seguintes características: 24 satélites, 3 planos orbitais com 8 satélites cada, altitude 20.000 km, órbita circular, período de 12 horas e elipsóide – GRS-80, Datum World Geodetic System WGS-84.

Para permitir que de qualquer lugar da superfície da Terra, em qualquer hora do dia seja possível determinar a posição de um ponto foi estabelecido um esquema orbital, de tal forma que sempre exista um mínimo de seis satélites eletronicamente visíveis.

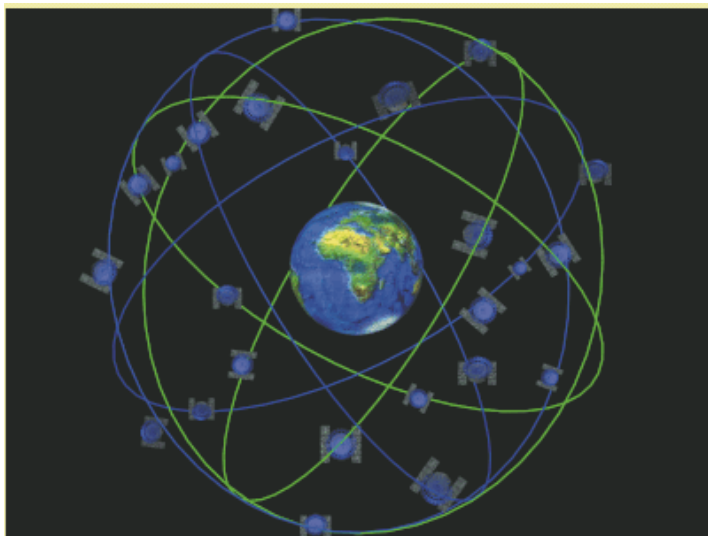


Figura 37. Constelação de satélites do sistema NAVSTAR GPS.

- Segmento de Controle: Consiste de estações de controle localizadas no EUA e que monitoram todos os satélites GPS, fazendo as correções orbitais e determinando erros nos relógios atômicos a bordo dos satélites.
- Segmento Receptor: Envolve os receptores (aparelhos de GPS) e antenas que recebem as informações dos satélites e calculam a sua posição precisa e a velocidade.

## Determinação da posição por GPS

A determinação da posição precisa de um ponto é feita através da medição da distância desse ponto até um conjunto de pelo menos quatro satélites. A distância do ponto ao satélite é estabelecida pela medida do tempo de viagem do sinal de rádio emitido pelo satélite.

Os sinais de rádio emitidos pelo satélite transportam informações sobre a posição precisa do satélite e a hora em que o sinal é transmitido, determinada por relógios atômicos de altíssima precisão. O receptor GPS, ao receber o sinal determina o tempo exato que o sinal levou no percurso e o cálculo da distância percorrida é realizado multiplicando-se esse tempo pela velocidade da luz.

Cada satélite GPS transmite dois sinais de rádio: L1 – 1575,42 MHz e L2 – 1227,60 MHz. O sinal L1 é modulado com dois ruídos pseudo randômicos: P-code e C/A code. O sinal L2 é modulado somente com o P-code.

O código de precisão P-code, pode ser encriptado para fins militares. O C/A code não é encriptado. A maioria dos receptores civis usam o C/A code.

## Erros na determinação das posições

A precisão na determinação da posição por meio de GPS está ligada a alguns erros inerentes ao processo, bem como ao tipo de aparelho utilizado na medição.

Algumas fontes de erro nos GPS, são:

- Os cálculos assumem que o sinal de rádio viaja a uma velocidade constante – a velocidade da luz. No entanto, a velocidade da luz só é constante no vácuo; quando o sinal de rádio entra na ionosfera diminui de velocidade, o que ocasiona erros de cálculo. Os aparelhos de GPS corrigem esse atraso.
- Podem ocorrer também erros nos relógios atômicos ou na órbita dos satélites, ajustados pelo Departamento de Defesa dos EUA.

- Múltiplas interferências podem introduzir erros no posicionamento. Isto ocorre quando o sinal é refletido por outros objetos na superfície terrestre, por exemplo em áreas com muitos prédios ou vegetação. Técnicas de processamento de sinais e antenas potentes minimizam estes erros.

As fontes de erros vistas até aqui, afetam muito pouco a precisão de posicionamento.

A degradação artificial do sinal C/A code, utilizado pela maioria dos aparelhos de baixo custo, é a fonte de erro mais significativa. Essa degradação é introduzida propositalmente, pelo Departamento de Defesa dos EUA, e pode causar um erro de até 100m no posicionamento.

O ruído introduzido no sinal é aleatório, varia de satélite para satélite e ao longo do tempo, ou seja, o erro introduzido no sinal de um satélite pode mudar várias vezes ao longo do dia, de forma totalmente aleatória. É por isso que a precisão de posicionamento é dita de até 100m nos aparelhos de GPS de navegação (com custos a partir de \$US 100,00). Na verdade, essa restrição ocorre em função do sinal que o aparelho lê e não propriamente do aparelho.

As técnicas de correção diferencial, permitem a determinação do ruído introduzido no sinal C/A code, garantindo uma precisão no posicionamento que pode ir de 1 a 10 m, dependendo da geometria dos satélites.

Os aparelhos mais sofisticados (e mais caros também), que lêem o sinal P-code, podem atingir precisões sub-centimétricas. Estes aparelhos são utilizados nos levantamentos cartográficos e têm um custo muito alto (a partir de US\$ 30.000,00).

## Correção diferencial

É uma técnica que aumenta muito a precisão dos dados coletados por GPS. Baseia-se na utilização de um receptor numa posição conhecida – a estação base – e outro (ou outros) GPS nas posições que se deseja determinar, chamados estações remotas.

Os dados da posição conhecida são utilizados para determinar os erros contidos nos dados dos satélites. Esta informação é então aplicada para os dados coletados nas estações remotas.

Existem dois métodos para aplicar a correção diferencial:

- Correção Diferencial em Tempo Real - A estação base calcula e transmite através de sinais de rádio, o erro de cada satélite. Estes dados são recebidos pelas estações remotas, que aplicam a correção para o cálculo das posições imediatamente.

- Correção Diferencial Pós-Processada - Neste método a estação base registra o erro de cada satélite. A estação remota também registra suas posições na mesma hora. Mais tarde esses dados podem ser processados e corrigidos.

Existem algumas Instituições que mantêm antenas de GPS fixas em pontos de coordenadas conhecidas, capturando dados ao longo de todo o dia. O IBGE, por exemplo, mantém um conjunto de antenas em todo o território nacional. Os dados levantados nessas estações podem ser utilizados para correção diferencial pós-processada. Estes dados podem ser comprados do IBGE, que vende os arquivos diários. Algumas outras Instituições, como universidades, também mantêm suas antenas fixas, capturando dados ao longo do dia; em média uma antena abrange uma área de até 500 Km. Algumas Instituições disponibilizam esses dados de correção diária, gratuitamente na Internet, como é o caso do Núcleo de Computação Eletrônica – NCE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

## LEVANTAMENTOS POR SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento remoto pode ser definido como sendo o processo de capturar informação sobre algum objeto, sem contato com esse objeto (daí o nome – remoto), usando sensores que podem ser transportados a bordo de satélites (sensores orbitais) ou a bordo de aviões (câmeras fotográficas). O objetivo do sensoriamento remoto é estudar o ambiente terrestre, pelo registro e pela análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias presentes na superfície terrestre.

Sabe-se que todo material (natural ou artificial) sobre a superfície terrestre está constantemente refletindo e emitindo radiação eletromagnética. As imagens digitais são registros de cenas focalizadas por sensores com respostas em faixas de frequência bem definidas do espectro eletromagnético. Assume-se como verdadeiro que alvos específicos (tipos de solo, rochas de diferentes eras geológicas, várias espécies de vegetação), devido a diferentes composições químicas e/ou à propriedades físicas, vão emitir, transmitir e absorver de forma seletiva a radiação eletromagnética, caracterizando o que normalmente se conhece como assinaturas espectrais. Isto é, alvos distintos, presentes na superfície da terra, tendem a apresentar comportamentos diferenciados ao longo do espectro, passíveis de registro pelos sensores espaciais que operam em determinados intervalos espectrais (MOREIRA, 1994).

As imagens de sensores a bordo de satélites são obtidas por rastreamento da superfície terrestre (scanning) como apresentado na figura 38, enquanto para as fotografias aéreas a obtenção da imagem da superfície é feita instan-

taneamente (framing), figura 39. Por esta razão é errado chamar “fotografia de satélite” ao produto dos sensores orbitais, sendo o termo correto, imagem de satélite.

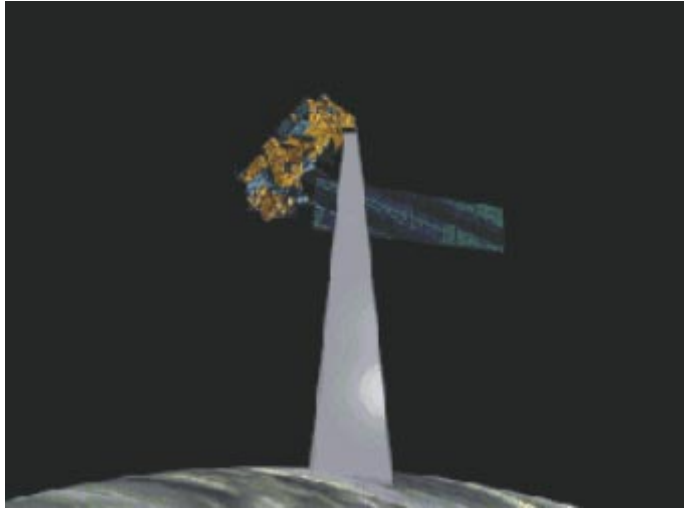


Figura 38. Técnica de obtenção de imagens orbitais (*Scanning*).

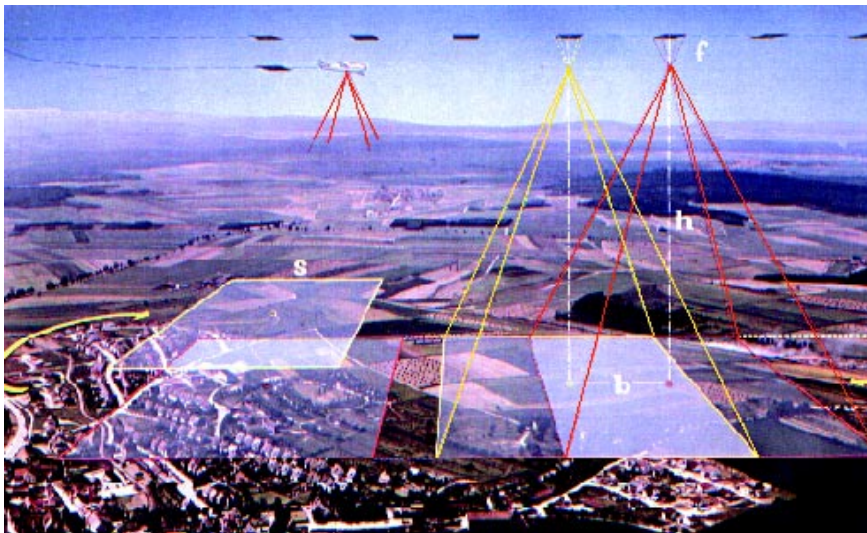


Figura 39. Esquema de obtenção de fotografias aéreas (*Framing*).

### **Imagens de Sensoriamento Remoto**

Uma imagem digital pode ser vista como uma matriz, de dimensões  $n$  linhas por  $m$  colunas, em que cada célula (pixel) dessa matriz possui um valor numérico correspondente ao valor de brilho, proporcional à refletância do alvo na respectiva posição, e que varia do branco ao preto.

Cada alvo particular na superfície da Terra apresenta uma maneira característica de interagir com a radiação incidente, descrita pela resposta espectral do alvo, constituindo as chamadas assinaturas espectrais.

## Sensores

Os sensores são os equipamentos capazes de coletar a radiação eletromagnética proveniente das substâncias, e de transformar alguma forma de energia em um sinal a ser convertido em informação sobre um ambiente. No âmbito do sensoriamento remoto, essa energia é representada pela radiação eletromagnética.

Os sensores podem ser classificados em:

- **Ativos** - são aqueles capazes de produzir sua própria radiação, que irá interagir com objetos da superfície terrestre. Por exemplo, os radares de visada lateral são sensores ativos, sendo também conhecidos como sistemas de microondas. A imagem resultante é função do sinal de retorno e não pode ser interpretada com os mesmos critérios utilizados para imagens obtidas por sensores passivos. A grande vantagem do radar consiste na possibilidade de operar no escuro e até mesmo sob condições meteorológicas adversas.
- **Passivos** - coletam radiação refletida ou emitida pelos objetos da superfície.

Os sensores podem ainda ser classificados de acordo com o tipo de produto que geram em:

- **Não-imageadores** - não fornecem uma imagem da superfície observada (ex. radiômetros – saída em dígitos ou gráficos).
- **Imageadores** - como o próprio nome diz, fornecem como resultado uma imagem da superfície ou a variação espacial da resposta espectral da superfície imageada. Os sensores imageadores podem ser classificados, em função do processo de formação da imagem, em:
  - **Sistemas fotográficos** - são câmeras fotográficas, focalizando a energia proveniente do alvo sobre o detector, que no caso é um filme.
  - **Sistemas de imageamento eletro-ópticos** - os dados são registrados sob forma de sinal elétrico, o que possibilita transmissões à distância. Os componentes ópticos do sistema focalizam a energia proveniente da cena sobre um detector, que produz então um sinal elétrico. O detector tem a função de gerar um sinal elétrico, que será transformado em valores numéricos e armazenado em formato digital.



## Resolução

Resolução é um conceito bastante difundido em sensoriamento remoto, representando uma medida da habilidade que um sistema sensor possui para discriminar respostas próximas espacialmente ou semelhantes espectralmente. Desdobra-se em quatro tipos: resolução espectral, espacial, temporal e radiométrica.

Resolução espectral - é um conceito que está relacionado com as imagens multi-espectrais e define-se pelo número de bandas espectrais que um dado sistema sensor comporta e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada uma dessas bandas (CROSTA,1992). Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral do sensor.

O conceito de banda pode ser exemplificado no caso de duas fotografias tiradas de um mesmo objeto, uma em preto e branco e outra colorida. A foto em preto e branco representa o objeto em apenas uma banda espectral, enquanto a colorida representa o mesmo objeto em três bandas espectrais, vermelha, azul e verde que mostram o objeto em cores, quando combinadas por superposição.

Resolução espacial - é uma medida da menor separação angular ou linear entre dois objetos, ou seja, representa a capacidade do sistema sensor de "enxergar" objetos na superfície terrestre: quanto menor o objeto passível de ser visto, maior a resolução espacial ou o poder de resolução (Crosta, 1992). Dizer, por exemplo, que um sistema possui resolução de 30 metros, significa que o tamanho de cada pixel é de 30 X 30 m e, conseqüentemente, objetos distantes entre si menos de 30 metros não serão distinguidos pelo sensor.

A figura 40 apresentada em seguida, exemplifica duas imagens obtidas pelo satélite SPOT, de uma mesma área, com resoluções espaciais diferentes. A imagem 40B apresenta uma resolução melhor do que a 40A, portanto capacidade de identificar elementos menores.



A: Imagem Spot multiespectral.  
Resolução espacial: 20 metros



B: Imagem Spot pancromática.  
Resolução espacial: 10 metros

Figura 40: Comparação entre imagens com resolução espacial diferente.

As imagens resultantes de satélites de alta resolução, que até há pouco tempo eram usados exclusivamente para fins militares, começam a ser disponibilizadas para o público civil, aumentando muito a potencialidade de utilização de imagens de satélite em inúmeras aplicações de SIG.

Em setembro de 1999 foi lançado o satélite IKONOS II, nos EUA, e as primeiras imagens do Brasil já começam a ser disponibilizadas. No modo pancromático, as imagens chegam a 1m de resolução, ou seja, é possível identificar objetos a partir de 1m<sup>2</sup>, como se exemplifica na Figura 41. Repare nos detalhes de veículos circulando nas rodovias! Até então tal nível de detalhe só era possível através de fotografias aéreas.

Isto não significa dizer que as imagens de satélite podem substituir as fotografias aéreas em todas as aplicações, mas que aumentam muito as possibilidades de análise de quem precisa de um detalhamento rico, mas não requer uma grande precisão cartográfica, como na maioria das aplicações de SIG na área da Saúde.

As imagens de alta resolução são uma alternativa mais econômica, mais fácil de adquirir e um modo mais fácil de manter as bases cartográficas atualizadas. Os testes quanto à precisão cartográfica destas imagens ainda estão sendo realizados e não são conclusivos. As novidades podem ser acompanhadas no site: <http://www.ikonos.com.br>.



Figura 41: Imagem IKONOS, pancromática. Resolução espacial: 1m ([www.ikonos.com.br](http://www.ikonos.com.br))

Resolução temporal - diz respeito à frequência com que imagens de uma mesma área são obtidas.

Resolução radiométrica - é a capacidade do detector de perceber diferenças no sinal recebido e é dada pelo número de níveis digitais, representando níveis de cinza. Quanto maior for o número de níveis, maior será também a resolução radiométrica. Em geral, o número de níveis de cinza é expresso em função do número necessário de dígitos binários (bits) para armazenar digitalmente o valor do nível de cinza máximo. O valor em bits é sempre uma potência de 2, deste modo 8 bits representam 256 níveis de cinza.

### Sistemas Sensores Orbitais

As imagens obtidas por sensores orbitais, transportados por satélite, são normalmente multiespectrais, ou seja, aquelas em que uma mesma cena é reproduzida simultaneamente em diversas bandas do espectro eletromagnético.

Atualmente os mais utilizados sistemas orbitais são:

- SISTEMA LANDSAT - Desenvolvido pela NASA-EUA. Transporta dois sensores (MSS e TM), com uma resolução temporal de 16 dias, o que significa dizer que uma mesma área da superfície terrestre é mapeada a cada 16 dias. O sensor MSS (Multispectral Scanner) possui 4 bandas espectrais (4,5,6,7), a área de uma cena é de 185Km X 185 Km e sua resolução espacial é de 80m X 80m. O TM (Thematic Mapper) possui 7 bandas espectrais (1,2,3,4,5,6,7), a área de uma cena é de 185Km X 185Km e sua resolução espacial é de 30 m (exceto na banda 6=120m). Resolução radiométrica de 8 bits, ou 256 níveis de cinza.

Cada banda tem suas aplicações específicas, como se apresenta na Tabela 1.

BANDA	FAIXA ESPECTRAL (nm)	APLICAÇÕES
1 azul	0,45 - 0,52	Adequada para o mapeamento de águas costeiras, para análises de uso da terra e características de vegetação.
2 verde	0,52 - 0,60	Reflectância de vegetação verde sadia
3 vermelho	0,63 - 0,69	Uma das mais importantes bandas para discriminação de espécies vegetais. Isso se deve ao fenômeno de absorção da luz vermelha pela clorofila presente nas plantas.
4 infravermelho próximo	0,76 - 0,90	Deteção de biomassa da vegetação, identificação de culturas agrícolas, delineamento de corpos de água.
5 infravermelho médio	1,55 - 1,75	Medidas de umidade da vegetação, diferenciação entre nuvens e neve.
6 infravermelho termal	10,4 - 12,5	Útil ao mapeamento de estresse térmico em plantas e em outros mapeamentos térmicos
7 infravermelho médio	2,08 - 2,35	Diferenciação de formações rochosas geológicas.

Tabela 1: Aplicações das bandas do sensor TM-Landsat.

Em abril de 1999 foi lançado o Landsat 7, que tem mais uma banda pancromática, com resolução de 15 metros. As imagens provenientes do Landsat 7 já se encontram disponíveis para compra e podem ser adquiridas através do site do INPE (<http://www.inpe.br>). Para tal, o usuário deve preencher um formulário "on line" fornecendo os dados da área geográfica de interesse.

- SISTEMA SPOT - É um satélite de um programa espacial francês, que leva a bordo 2 sensores de alta resolução (HRV) que operam no modo multiespectral fazendo a aquisição de dados em três faixas do espectro eletromagnético e no modo pancromático. Uma das características mais importantes do sensor HRV, é a possibilidade dele ser direcionado, de modo a se observar cenas laterais à órbita em que se encontra o satélite num determinado momento. A resolução temporal é de 26 dias, podendo ser diminuída se forem usadas visadas laterais. O sensor HRV-Spot (High Resolution Visible) possui 3 bandas espectrais, resolução espacial de 20 metros (10 metros no pancromático), resolução radiométrica de 8 bits e pode imagear uma faixa com até 475 Km para cada um dos lados da órbita.
- IKONOS II – É um satélite americano que leva a bordo sensores de altíssima resolução, fazendo a aquisição dos dados em modo pancromático e multiespectral, fazendo a aquisição em 4 bandas do espectro: azul, verde, vermelho e infra vermelho próximo. A resolução espacial é de 1m no modo pancromático e 4m no modo multiespectral. A resolução radiométrica é de 11 bits, ou seja, 2048 níveis de cinza, o que aumenta muito o poder de contraste e de discriminação das imagens. O tamanho de uma cena é de 13KmX13Km.

## PRINCÍPIOS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Como já visto, sensoriamento remoto é a técnica capaz de transformar os dados de radiância de uma cena em informações sobre os objetos ou elementos que a constituem. A partir do momento em que se obtém uma imagem bidimensional de uma cena, após processamento dos sinais captados por um dado sensor, tem-se um produto que pode ser analisado, isto é, a própria imagem, de onde é possível extrair informações.

A análise das imagens se realiza a partir de procedimentos para análise digital de imagens e procedimentos para análise visual de imagens. A interpretação visual de imagens (fotointerpretação) é realizada sem o auxílio de computadores.

Com o avanço das técnicas de computação e o surgimento de computadores digitais capazes de armazenar e processar grande volume de informações, de forma extremamente rápida, passou-se a utilizar técnicas de processamento digital de imagens especialmente concebidas para o processamento e análise de imagens digitais.

### **Correção Geométrica e Registro**

Imagens geradas por sensores remotos, sejam fotografias aéreas ou imagens de satélite, são sujeitas a uma série de distorções espaciais, não possuindo precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados. No entanto, a informação extraída de imagens de sensoriamento remoto necessita, muitas vezes, ser integrada com outros tipos de informações, representadas na forma de mapas em um ambiente de SIG.

Correção geométrica – é a correção das imagens segundo algum sistema de coordenadas, de modo que a imagem incorpore as propriedades de escala e de projeção de uma mapa.

O método mais utilizado para corrigir as distorções geométricas, que podem estar presentes em imagens digitais, consiste no estabelecimento de funções matemáticas, relacionando as posições dos pixel da imagem com as coordenadas de posição dos pontos correspondentes no solo (isso é feito através de um mapa).

No caso de imagens multiespectrais, cada banda necessita ser corrigida geometricamente. Para tanto, são necessários pontos de controle no terreno, identificáveis na base cartográfica e também na imagem a ser corrigida. Tais pontos de controle são localizados nas imagens por suas posições, nas linhas e colunas, e na base cartográfica por suas coordenadas.

Registro - é o ajuste do sistema de coordenadas de uma imagem ao sistema equivalente em uma outra imagem, cobrindo a mesma área. Um exemplo comum da necessidade do registro é na integração de imagens de diferentes sensores (por exemplo, SPOT e LANDSAT.) sobre uma mesma área.

### **Técnicas de Realce de Imagens**

As técnicas de realce objetivam melhorar a visualização de uma imagem para que a imagem resultante, após o processamento, esteja mais adequada do que a imagem original, para uma dada aplicação ou estudo específico. Uma das técnicas de realce mais utilizadas, é a de manipulação de contraste. O contraste de uma imagem é uma medida do espalhamento dos níveis de intensidade dos pixel que a constituem.

A primeira etapa, no processo de modificação de contraste, consiste em analisar os histogramas das imagens obtidas em diversas bandas espectrais. Tais histogramas descrevem a distribuição estatística do níveis de cinza em termos da frequência, para cada valor digital, segundo a resolução radiométrica considerada.

A figura 42 exemplifica uma imagem e seu respectivo histograma antes da aplicação da técnica de contraste. Pode-se observar no histograma (Figura 42a) que a concentração dos valores dos pixel se dá em torno do valor do preto, daí o baixo contraste.

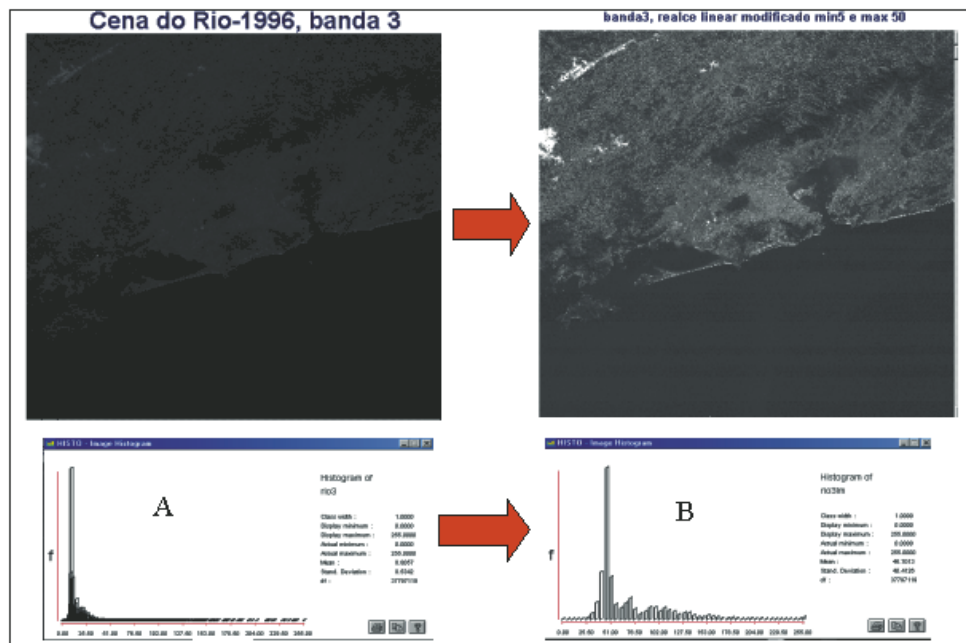


Figura 42. Imagem de baixo contraste (a) e após aplicação de contraste (b).

Uma técnica de manipulação de contraste bastante utilizada é a de ampliação de contraste, que pode ser linear, quando não ocorre uma modificação na simetria do histograma resultante, alterando-se somente seu espalhamento (Figura 42b) sobre o intervalo máximo de valores.

## Classificação de uma Imagem

Consiste em atribuir a um objeto uma entre diversas classes de interesse. Uma imagem classificada nada mais é do que uma outra imagem (resultante da original) em que cada pixel da imagem original é rotulado como pertencente a um determinado tema ou classe. Esta classificação se dá através da utilização de diversas técnicas. Um exemplo de uma imagem classificada é apresentado na figura 43.



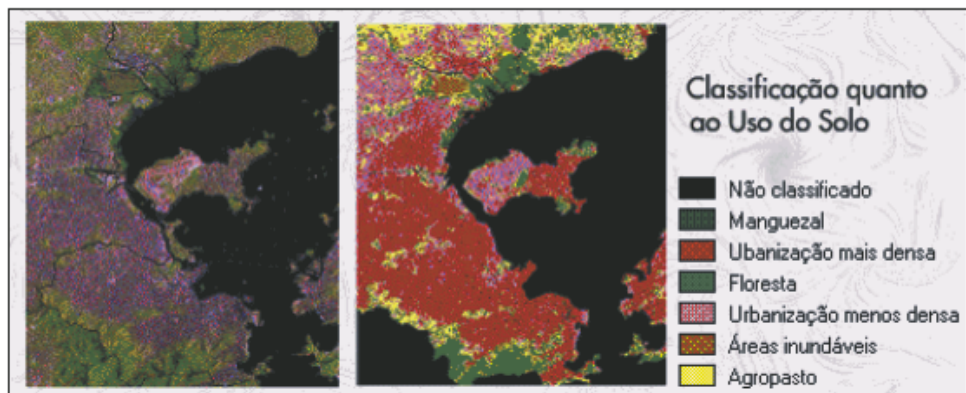


Figura 43. Imagem temática obtida a partir de imagem orbital TM Landsat (Melhoramentos, 1998).

## AEROFOTOGRAMETRIA

Vôo fotogramétrico, é um vôo tecnicamente executado, com o objetivo de se obter cobertura aerofotogramétrica de uma área. A cobertura aerofotogramétrica visa obter a representação de toda a área em modelos estereoscópicos obtidos pela superposição de duas fotos sucessivas (Figura 44).



Figura 44. Sequência de modelos estereoscópicos utilizados em aerofotogrametria.

A aerofotogrametria permite que se extraia das fotografias aéreas verticais (figura 45), os componentes planimétricos e altimétricos para a construção de um mapa. Os vôos são planejados em uma escala, objetivando atender a determinadas demandas de reconhecimento e mapeamento final. A relação entre as escalas da foto e do mapa, pode chegar até a ampliação de quatro

vezes, ou seja, o mapa final restituído a partir de um conjunto de fotografias pode ter uma escala até quatro vezes maior que a da foto



Figura 45. Fotografia aérea vertical utilizada em aerofotogrametria.

A cobertura por fotos aéreas é feita em faixas superpostas (que por sua vez, são constituídas por fotografias também superpostas), de maneira a abranger toda a área, compondo-se blocos de fotografias (Figura 46).

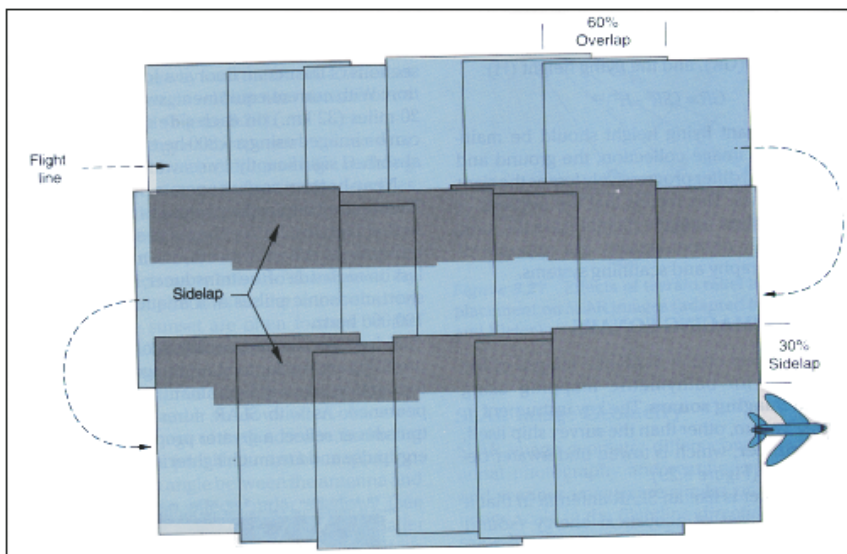


Figura 46. Esquema de plano de voo com superposição de faixas de fotos (Robinson, 1995).



Na figura 47 apresenta-se uma fotografia e o trecho do mapa correspondente à sua restituição. A utilização deste tipo de produto atende, principalmente, à área cadastral e de construção de cartas topográficas no nível municipal e nacional.



Figura 47. Fotografia aérea e mapa correspondente à sua restituição (Melhoramentos, 1994).

## APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO

Os produtos provenientes de sensores remotos orbitais são mais fortemente utilizados nas diferentes áreas temáticas voltadas aos estudos ambientais, em aplicações que não necessitem de grande definição de escala. Apesar do recente lançamento de sensores de resolução de até 1m (IKONOS), a grande utilização de imagens de sensoriamento remoto ainda é com resoluções espaciais em torno de 10m a 20m, uma vez que estas imagens são mais econômicas e existem disponíveis para praticamente todo o território nacional.

As imagens de satélite oferecem uma rica fonte de dados ambientais, que tende a ser cada vez mais importante e solicitada pela crescente comunidade de usuários da tecnologia de geoprocessamento. O nível de informação, possível de ser obtido nestas imagens, é variável e dependente de uma série de situações relacionadas diretamente com o tipo de sensor utilizado, embora a principal delas seja vinculada às resoluções inerentes à captura do dado. Do ponto de vista técnico-científico, imagens de sensoriamento remoto provenientes de bases orbitais, vêm servindo de fonte de dados para diversos estudos e levantamentos. Acima de tudo, estas imagens passaram a representar uma das formas mais viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência e periodicidade que as caracterizam.

Um exemplo é o monitoramento de áreas de queimadas, como apresentado na figura 48, onde é possível obter-se uma idéia da área queimada de um parque (em verde mais escuro). Repare-se que é possível identificar as áreas que estão ardendo (em vermelho) e a fumaça.

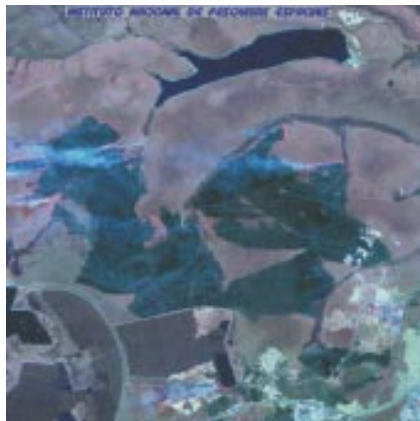


Figura 48 Imagem de satélite Landsat de uma área com queimadas (INPE).

As imagens de satélite, quando devidamente processadas, podem ser usadas como um mapa (carta-imagem) ou como um atributo de uma feição de uma mapa. É muito comum o armazenamento de produtos derivados destas imagens em bases de dados de SIG e a sua integração com dados vetoriais da mesma área. Na figura 49 exemplifica-se a utilização de uma imagem de satélite com superposição da base vetorial de setores censitários, com o objetivo de se determinar as áreas efetivamente povoadas dentro de cada setor.

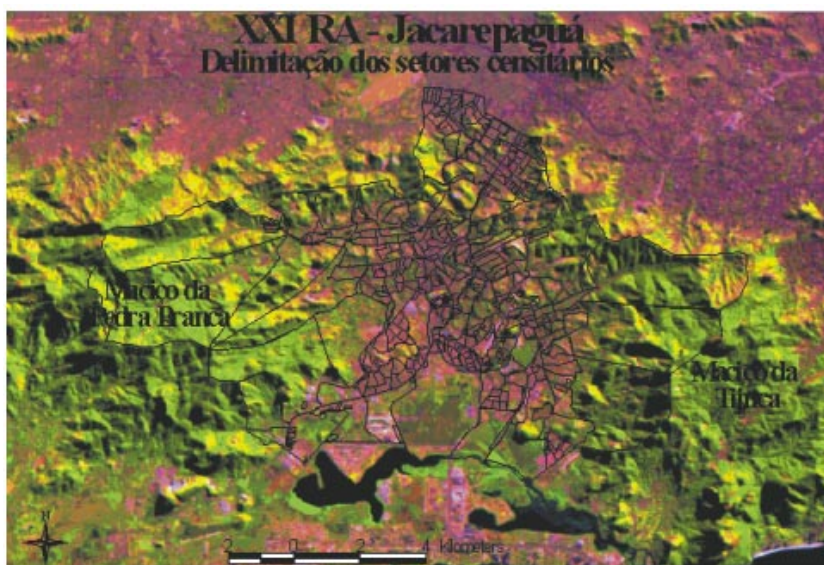


Figura 49: Superposição de imagem de satélite Landsat 5 com mapa de setores censitários.

## DIGITALIZAÇÃO

Existem dois métodos principais de se efetuar a digitalização de dados: a digitalização manual e a digitalização automática, também chamada de rasterização.

Tornou-se de uso comum, a utilização da palavra “digitalização” para se referir ao método de digitalização manual, enquanto a palavra rasterização se tornou usual para referenciar a digitalização automática. É, no entanto, importante deixar claro, que a digitalização é um processo de transformação de dados em formato digital, não importando qual dos métodos foi utilizado. Assim, quando se pretende contratar um serviço de digitalização, é importante especificar qual dos métodos deverá ser utilizado, caso contrário, a empresa contratada definirá aquele que melhor lhe convier.

### 3.6.1 Equipamentos para Digitalização

Pode-se dividir os equipamentos utilizados para digitalização de acordo com os métodos empregados.

Para digitalização manual utilizam-se:

- Mesas digitalizadoras, que podem ser encontradas desde o formato A4 até ao formato A0.
- Restituidores digitais, que são equipamentos utilizados para restituição de modelos aerofotogramétricos, através da utilização de pares de fotografias aéreas tiradas a bordo de aviões.

Para digitalização automática utilizam-se:

- Scanners, que podem ser de diversos tipos e formatos, desde o A4, até ao A0.

### Métodos de Digitalização

Os métodos de digitalização dizem respeito ao modo como os dados são convertidos para o formato digital que pode ser manual (Vetorial) ou automático (Matricial).

Não existe uma definição objetiva do melhor método de digitalização a ser utilizado. A escolha deve ser direcionada considerando-se uma série de parâmetros, entre eles: tempo de aquisição, custo, natureza das aplicações e fontes de dados disponíveis.

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

### 3.6.2.1 Digitalização manual

Pode ser realizada através de:

- Mesa Digitalizadora - A superfície da mesa digitalizadora é composta por uma finíssima malha de fios, que forma o sistema de coordenadas de mesa (figura 50). A distância entre esses fios determina a resolução da mesa e é um importante parâmetro a considerar quando da compra do equipamento. Um gerador de corrente elétrica ativa todos os fios gerando um sinal no par de fios (x,y), mais próximos à posição do cursor, enviando as coordenadas de mesa ao computador. O processo de digitalização consiste num "redesenho" de todas as funções do mapa, utilizando-se o cursor.

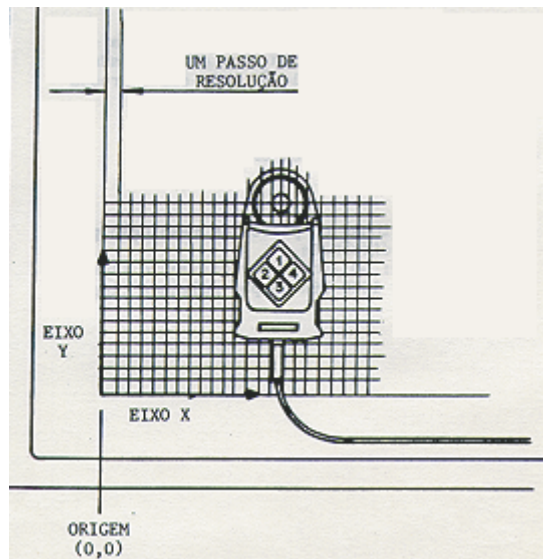


Figura 50. Eixos do sistema de coordenadas de uma mesa digitalizadora.

A transformação entre o sistema de coordenadas de mesa e o sistema de coordenadas de mundo é feita simultaneamente à digitalização, utilizando-se parâmetros calculados na etapa de orientação. É importante efetuar essa transformação de coordenadas para garantir que o produto final esteja georreferenciado e, portanto, seja compatível com outras bases de dados relativas à mesma área, permitindo assim a sua integração no ambiente de SIG.

A operação de digitalização é simples (porém demorada) e não necessita de grandes recursos computacionais ou de hardware. A digitalização através da utilização de mesas ainda é o método mais utilizado para aquisição de dados digitais, a partir de documentos já existentes em formato analógico. A grande desvantagem é que sua execução consome muito tempo (já que o mapa

é todo redesenhado) e sua eficiência depende, não só, do equipamento e dos programas utilizados, mas também e principalmente, da habilidade do operador e do número de horas por ele trabalhadas.

- Instrumentos Fotogramétricos - A digitalização utilizando-se instrumentos fotogramétricos é realizada diretamente sobre o modelo estereoscópico, devidamente orientado em relação ao terreno. Os dados originados deste processo possuem precisão maior do que aqueles oriundos de digitalização em mesa. O operador percorre com a marca índice do restituidor, todas as feições da imagem. A informação gerada é armazenada em meio magnético, na forma vetorial spaguetti (lista de coordenadas).

Após a digitalização é necessário realizar revisão dos trabalhos executados para garantir que todas as feições foram digitalizadas de forma correta. O controle é feito utilizando-se plotters que redesenham o mapa em papel que é comparado visualmente com o documento original (por exemplo, em mesa de luz). Quando não existir a disponibilidade de um plotter, o controle pode ser feito diretamente na tela do computador.

O processo de digitalização deve ser o mais cuidadoso possível, no entanto, durante a aquisição de dados geralmente ocorrem erros. A edição consiste no processo de validação e correção dos erros oriundos da digitalização. É geralmente realizada de modo semi-automático, com parte das correções feitas automaticamente pelo programa de edição, de acordo com algumas tolerâncias pré-estabelecidas, e parte apresentadas ao operador para a correção manual.

Alguns dos erros mais comuns, apresentados na figura 51, são:

- 1. Surgimento de pequenos polígonos (slivers) entre polígonos vizinhos;
- 2. Linhas que não atingem o ponto de cruzamento (undershoot);
- 3. Linhas ultrapassando o ponto de cruzamento (overshoot);
- 4. Duplicação (ou ausência ) de labels em um polígono;
- 5. Ausência de feições, devido a falhas na digitalização;
- 6. Digitalização duplicada de feições;
- 7 e 8. Falhas na digitalização; e
- 9. Imperfeições na junção de linhas provenientes da digitalização de mapas vizinhos.

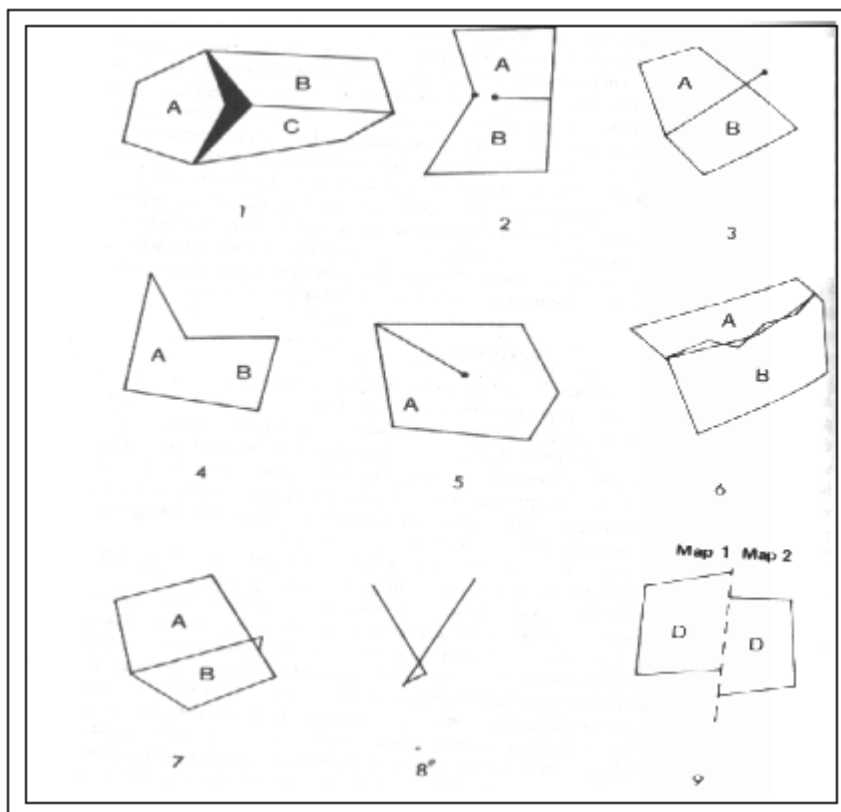


Figura 51. Tipos de erros de digitalização mais comuns (MARTIN, 1991).

## Digitalização automática

A digitalização automática, ou rasterização, utiliza o scanner para discretizar o mapa em unidades homogêneas (pixel). Os dados resultantes desta digitalização apresentam-se no formato matricial.

O scanner é um dispositivo ótico-eletrônico, composto por uma fonte de luz e um sensor ótico (fotocélula) e o seu funcionamento consiste na emissão de um feixe de luz sobre a superfície do documento a ser digitalizado, cuja reflexão é registrada pelo sensor.

A definição da resolução na digitalização de um documento se dá em função do menor detalhe que se quer digitalizar, da capacidade de armazenamento, do tempo de varredura, da definição gráfica do documento e da precisão que se deseja alcançar.

Para ser rasterizado o mapa necessita de um preparo prévio que consiste na identificação de no mínimo três pontos de controle, que servirão para georeferenciamento da imagem raster.



Por mais perfeito que seja o original utilizado na rasterização, é impossível eliminar totalmente a presença de ruídos na imagem rasterizada. Assim, após a digitalização, procede-se à edição da imagem que corresponde à eliminação dos ruídos (pixels isolados), suavização de linhas, eliminação de informações marginais e união dos arquivos (mosaico). O processo de edição pode ser feito manualmente ou através de software específico, dependendo da complexidade da imagem.

Um dos grandes problemas da aquisição de dados via scanner é o fato dos arquivos resultantes serem muito grandes. Por exemplo, um documento de 24"x 24" (tamanho de uma fotografia aérea) rasterizado em 400ppp, com 256 tons de cinza, produz 25Mbytes de dados. Este problema pode ser diminuído utilizando-se programas de compressão de arquivos, cuja eficiência está ligada diretamente à complexidade do documento original.

## Vetorização

Para determinadas aplicações de SIG, o formato matricial apresenta restrições na manipulação, principalmente no que se refere à associação das feições com bancos de dados não-gráficos e à construção da topologia. Nestes casos, a melhor solução é a transformação dos dados de formato matricial para o formato vetorial. A essa transformação dá-se o nome de Vetorização.

A escolha do método de vetorização deve se baseada nos seguintes aspectos:

- Tipo de documento cartográfico a ser vetorizado (mapa altimétrico, planimétrico, temático, etc.);
- Estado de conservação do mapa (limpeza, nitidez das informações); e
- Tempo a ser gasto na vetorização para cada um dos três métodos.

A vetorização pode ser executada através de três métodos:

- Vetorização Manual - Este método dispensa qualquer tipo de pré-edição da imagem raster e consiste em percorrer a feição com o cursor, diretamente no monitor do computador, num processo muito parecido com a digitalização em mesa, porém muito mais trabalhoso. As principais desvantagens do método referem-se à dificuldade de vetorizar as entidades raster pelo centro do pixel, o que provoca uma baixa produtividade.
- Vetorização Semi-Automática - Este método consiste na identificação manual, pelo operador, do ponto inicial de uma determinada linha raster a ser vetorizada. Em seguida a linha vai sendo rastreada e vetorizada automaticamente pelo sistema, utilizando

técnicas de processamento digital de imagens, até encontrar algum obstáculo, como por exemplo cruzamento de linhas. Neste caso, o operador volta a intervir para reposicionar o cursor sobre a linha. É aconselhável realizar um preparo prévio do documento cartográfico adaptando-o às condições do processo de vetorização, a fim de se diminuir o tempo de edição posterior. Essa preparação pode ir desde o realce das bordas dos polígonos temáticos, até ao redesenho total do mapa, dependendo do documento e da finalidade a que se destina.

- **Vetorização Automática** - Este método utiliza técnicas de processamento digital de imagens para rastrear pixels acesos (pretos) de uma imagem raster binária e convertê-los para a estrutura vetorial. O processamento é feito de forma totalmente automática, sem a intervenção do operador. É um método extremamente rápido, no entanto, os erros cometidos podem acarretar um tempo de edição tão grande que acabe inviabilizando-o. É aconselhável, sobretudo, para vetorização de mapas que não possuam cruzamento de linhas (por exemplo, mapas temáticos) e de preferência que estejam livres de textos e símbolos. A preparação prévia do original é fundamental, eliminando-se todas as informações do arquivo raster que não serão vetorizadas, tais como: legendas, textos, símbolos, etc.







# CONCEITOS BÁSICOS

## DE CARTOGRAFIA PARA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Maria de Fátima de Pina  
Carla B. Madureira Cruz

### A FORMA DA TERRA

Apesar de se assumir que a forma da Terra é redonda, em estudos onde se exige precisão de posicionamento, como é o caso da maioria das representações da superfície terrestre em mapas e cartas, deve-se considerar mais cuidadosamente as pequenas diferenciações da sua forma.

No século XVII o inglês Newton e o holandês Huygens, afirmaram que a Terra era um pouco achatada nos pólos, e não perfeitamente redonda. Esse achatamento é devido à combinação da força da gravidade (que atua de fora para dentro) e à força do movimento de rotação (que atua de dentro para fora). Assim, passou-se a considerar que a figura geométrica mais semelhante à forma da Terra era um elipsóide (Figura 52).

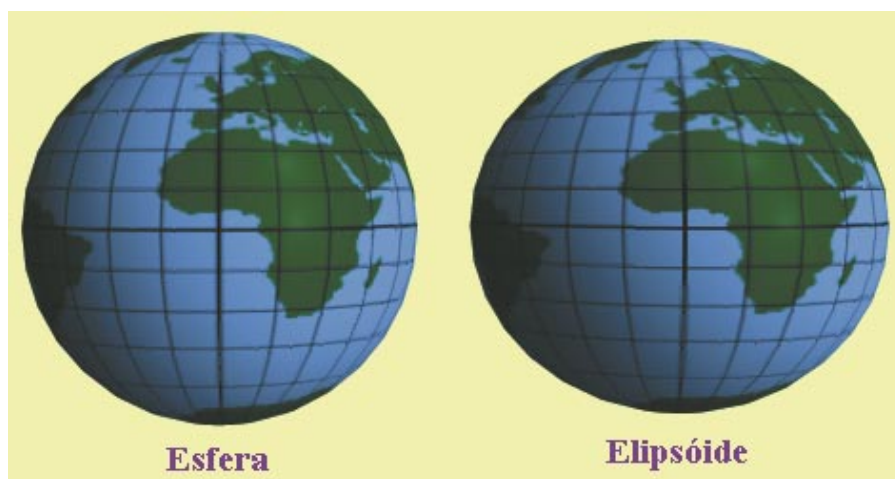


Figura 52. Formas da Terra : a Esfera e o Elipsóide.

No entanto, com a evolução tecnológica, foi possível comprovar que na realidade a Terra não é perfeitamente redonda nem elipsóidica, mas sim um tipo de elipsóide irregular que recebe o nome de Geóide e que é definido pelo prolongamento do nível médio dos mares através dos continentes.

O geóide é então a forma adotada para a Terra e é sobre esta superfície que são realizadas todas as medições. Como o geóide é uma superfície irregular, de difícil tratamento matemático, foi necessário adotar, para efeito de cálculos, uma superfície regular que possa ser matematicamente definida.

A forma matemática assumida para cálculos sobre o geóide é o elipsóide de revolução, gerado por uma elipse rotacionada em torno do eixo menor do geóide.

A figura 53 apresenta de maneira exagerada a distinção entre a esfera, o geóide e o elipsóide de revolução. Para áreas pequenas (até 50km<sup>2</sup>) a diferença entre o elipsóide e o geóide é quase imperceptível, o que permite estabelecer a Terra como esférica em algumas aplicações.

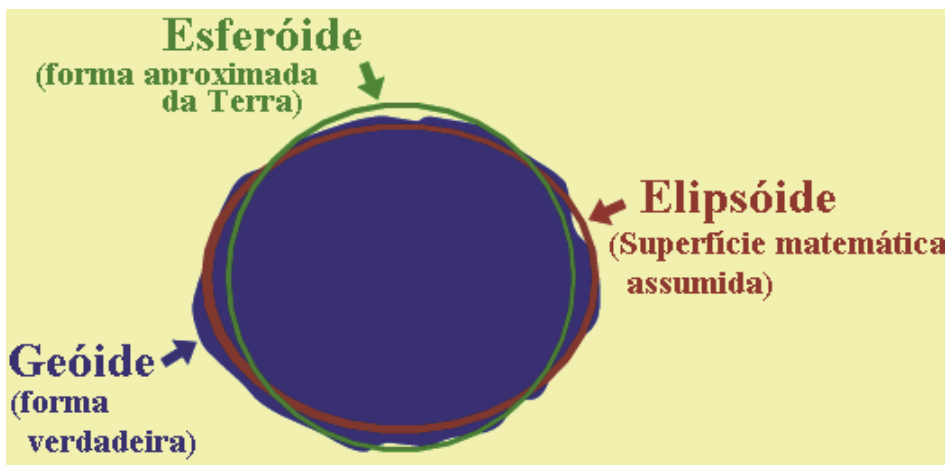


Figura 53. Formas de representação da superfície da Terra: O Esferóide, o Elipsóide e o Geóide.

## SISTEMA GEODÉSICO

Como vimos, medições e levantamentos feitos na superfície terrestre (geóide) são matematicamente solucionados no elipsóide. Os sistemas geodésicos buscam uma melhor correlação entre o geóide e o elipsóide, elegendo um elipsóide de revolução que melhor se ajuste ao geóide local, estabelecendo a origem para as coordenadas geodésicas referenciadas a este elipsóide, através dos data horizontal e vertical. Como o geóide não é regular, não existe um único elipsóide, e cada país adota aquele que melhor se ajuste à sua área.

O Datum Vertical, ou origem das coordenadas verticais para todas as observações de altitude é determinado através do nível médio dos mares (NMM) como superfície origem. O datum vertical oficial do Brasil, atualmente, é o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina.

O datum planimétrico é definido por um conjunto de parâmetros, e é um ponto de referência para todos os levantamentos cartográficos sobre uma determinada área. É importante verificar, nas notas marginais do mapa que se estiver utilizando, a referência aos data vertical e horizontal, já que em documentos antigos, outros data foram também adotados.

No Brasil, até 1977, adotava-se o elipsóide Internacional de Hayford, de 1924, com a origem de coordenadas planimétricas estabelecida no Datum Planimétrico de Córrego Alegre. Posteriormente, o sistema geodésico brasileiro foi modificado para o SAD-69 (Datum Sulamericano de 1969), que adota o elipsóide de referência de UGGI67 (União Geodésica e Geofísica Internacional de 1967) e o ponto Datum planimétrico Chuá (Minas Gerais).

É importante estar sempre atento às informações constantes nas legendas dos mapas que se utilizam, pois para uma mesma área podem existir mapas em sistemas geodésicos diferentes, já que muitos mapas que se utilizam, ainda hoje, são anteriores a 1977 e portanto estão referenciados ao datum Córrego Alegre. Quando necessária, a transformação de datum horizontal pode ser realizada através de rotinas computacionais que estão incluídas, atualmente, na maioria dos sistemas computacionais em uso.

Apesar da proximidade entre os sistemas Córrego Alegre e SAD-69 ser grande, o fato de não se efetuar as transformações devidas para a compatibilização dos documentos utilizados, pode introduzir erros da ordem de 10 a 80 metros (o que pode ser significativo de acordo com o objetivo e/ou a escala em uso).

Além disso, é necessária atenção na utilização de sistemas inerciais, como o GPS (Global Positioning System) na aquisição de dados. É importante que o sistema geodésico de referência seja devidamente configurado<sup>1</sup>.

## **SISTEMAS DE COORDENADAS**

Para localizar qualquer lugar no mundo, seja um país, uma cidade ou um rio, utilizamos os sistemas de coordenadas, que são sistemas de referência para posicionamento de pontos sobre uma dada superfície.

A origem do sistema de coordenadas global (geográficas) é uma rede quadriculada de linhas imaginárias, verticais e horizontais, que cortam todo o globo terrestre, dando as medidas de longitude (l) e latitude (j). É considerado o sistema primário de localização na Terra (Figura 54).

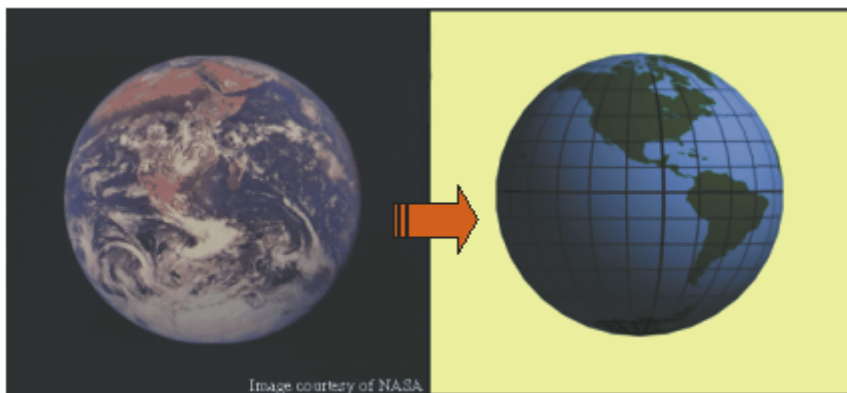


Figura 54. Rede Geográfica da Terra – sistema de coordenadas  $x, y$ .

A utilização de sistemas de coordenadas (geográficas ou planas), em quaisquer casos, estabelece os relacionamentos matemáticos necessários para o exato posicionamento da informação sobre a superfície terrestre-georreferenciamento.

### Sistemas de Coordenadas Planas

Os sistemas planos de maior utilização são os cartesianos (Figura 55), em que a posição de um ponto qualquer é definida através de um par de coordenadas  $(x, y)$ . Estes sistemas podem ainda ser bi ou tridimensionais. No caso dos tridimensionais são necessárias três coordenadas para o posicionamento de um ponto qualquer no espaço  $(x, y, z)$ .

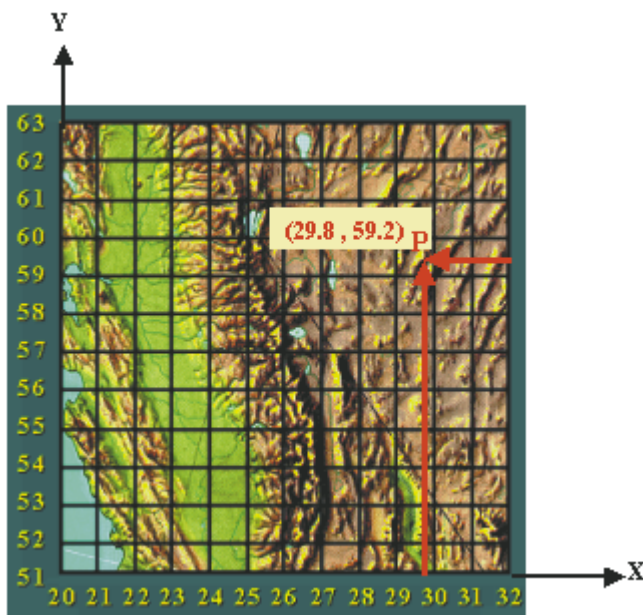


Figura 55. Sistemas de Coordenadas Planas.

## Sistemas de Coordenadas Geográficas

A partir da consideração da Terra como uma esfera, o sistema de coordenadas básico utilizado é da mesma forma, esférico, chamado sistema geocêntrico polar. Neste sistema, considera-se que qualquer ponto na superfície terrestre dista igualmente do centro da esfera (Figura 56).

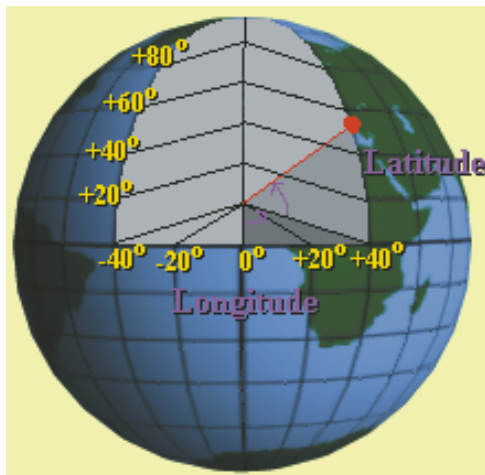


Figura 56. Diagrama das latitudes (j) e longitudes (l).

O par de coordenadas utilizado para este posicionamento, tem nome e simbologia especial: latitude (j) e longitude (l), e é definido a partir de uma rede geográfica.

As linhas horizontais chamam-se paralelos, pois são paralelas à linha do equador, e servem para medir a latitude (direção norte-sul), enquanto que as linhas verticais desta rede são os chamados meridianos e vão de um pólo a outro, servindo para medir a longitude (direção leste-oeste). Os paralelos e meridianos podem ser observados na figura 57.

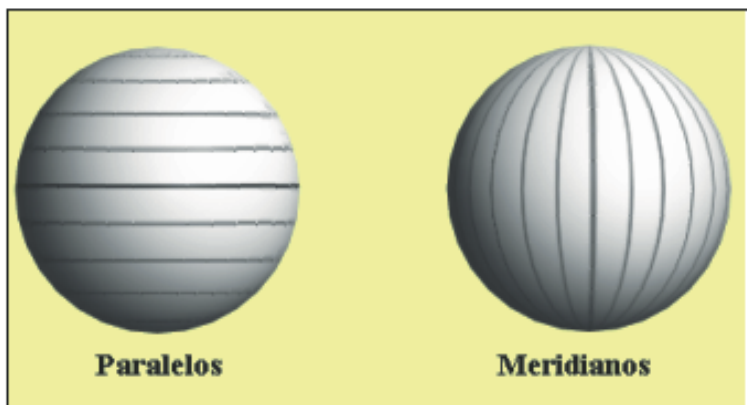


Figura 57. Eixos Paralelos e Meridianos.

A construção da rede geográfica se inicia a partir do movimento de rotação da Terra em torno de um eixo imaginário vertical. Os pontos da Terra por onde este eixo emerge, são conhecidos como Pólo Sul e Pólo Norte (Figura 58).



Figura 58. Eixo Vertical Terrestre.

Para melhor entender a construção desta rede geográfica, partimos de um plano horizontal perpendicular a este eixo, que passa bem no centro da Terra. Ao cortar a superfície terrestre, este plano horizontal forma a linha do equador, que divide o globo em dois hemisférios, o norte (HN) e o sul (HS), como se apresenta na figura 59.

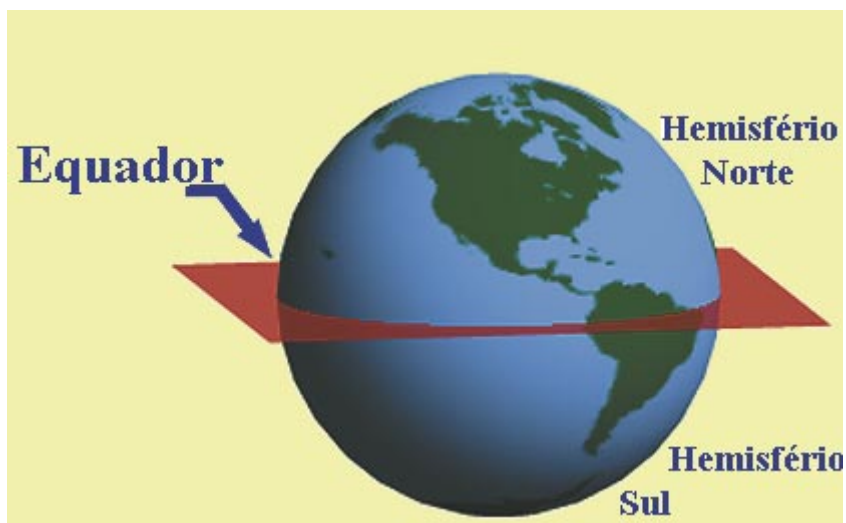


Figura 59. Linha do Equador.

Em seguida é traçada uma série de outros planos horizontais, que quando “cortam” o globo terrestre formam os pequenos círculos, paralelos ao do equador. Estes círculos, vão diminuindo a partir do equador (que é o círculo máximo) até aos pólos, devido à curvatura da Terra (Figura 60).

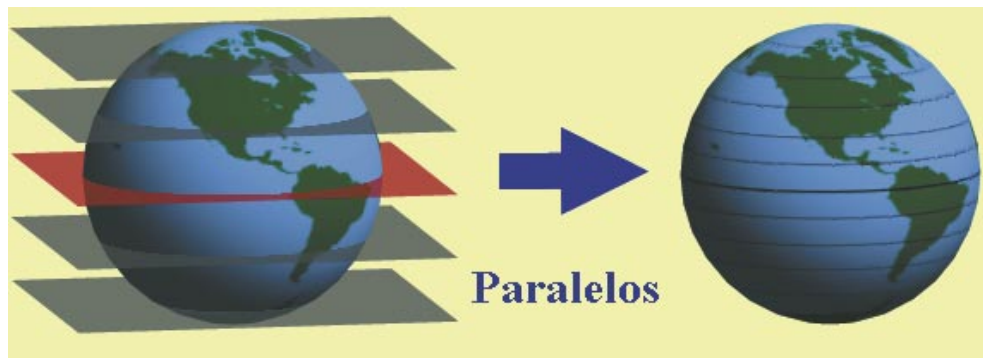


Figura 60. Pequenos círculos ou paralelos.

Para obter-se a posição de qualquer ponto na direção norte-sul são dados valores a estes círculos. A linha do equador recebe valor zero, ou seja possui latitude igual a  $0^\circ$ , sendo portanto, considerada a origem da contagem destas coordenadas (latitude). Cada círculo ou paralelo, vai recebendo um valor em graus, que cresce para norte ou sul a partir do equador até os pólos. Essa variação de valores é medida em graus de latitude, e vai de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  N no hemisfério norte<sup>2</sup>, e de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  S no hemisfério sul<sup>3</sup> (Figura 61).

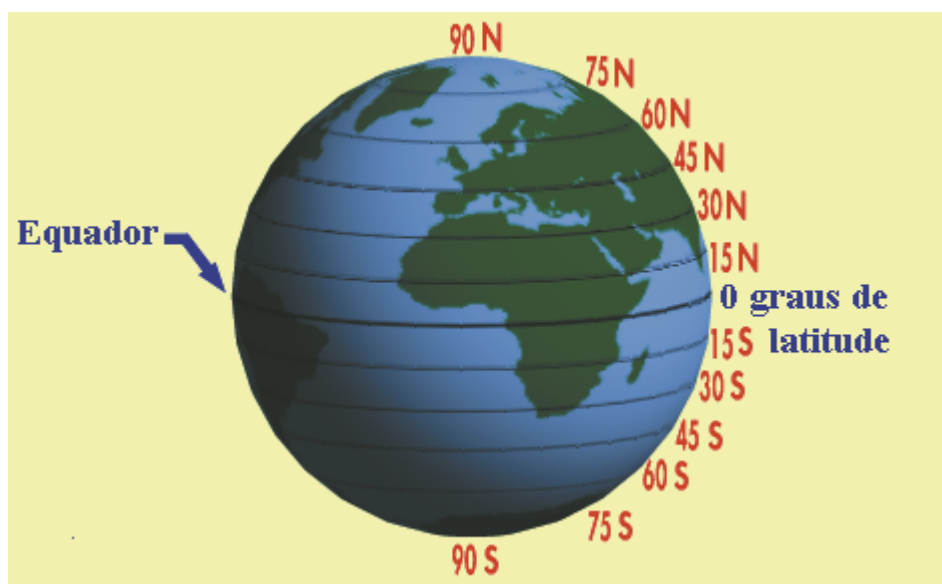


Figura 61. Contagem das latitudes.



O segundo grupo de círculos imaginários de localização é formado por linhas verticais, chamadas meridianos. Os meridianos são linhas originadas a partir de planos verticais que atravessam o globo terrestre, interceptando-o em toda a extensão do seu eixo de rotação, resultando no que chama-se de grandes círculos. À metade de cada um destes círculos denomina-se meridiano, na verdade um semicírculo que vai de pólo a pólo (Figura 62). À metade complementar dá-se o nome de antimeridiano.

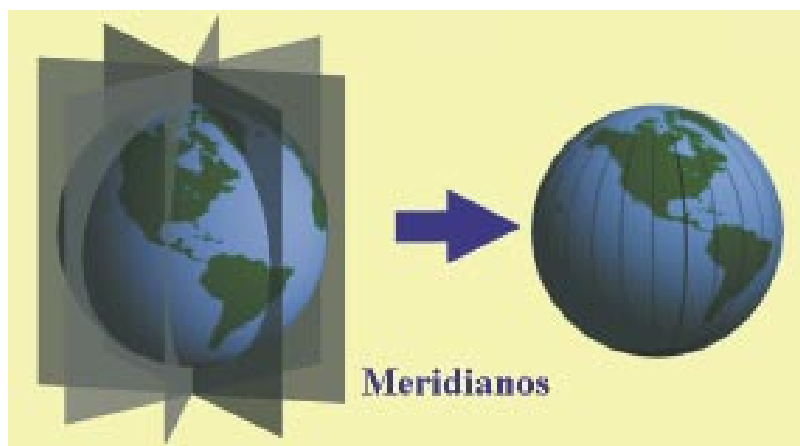


Figura 62. Grandes círculos ou meridianos.

Em 1884, como resultado de um acordo internacional, adotou-se como primeiro meridiano ou meridiano origem, aquele que atravessa o observatório real britânico, em Greenwich, Londres – Inglaterra, razão pela qual é também conhecido como meridiano de Greenwich. Este meridiano divide a terra em dois hemisférios, o ocidental e o oriental (Figura 63) e é a origem da contagem das longitudes.

Ao Primeiro Meridiano é atribuído valor zero, ou longitude igual a  $0^\circ$ . Os demais recebem valor variando de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  E (leste) ou  $0^\circ$  a  $180^\circ$  W (oeste), conforme o hemisfério oriental ou ocidental. Tal como ocorre com as latitudes, também as longitudes foram convencionadas como positivas ou negativas, atribuindo-se a leste os valores positivos e a oeste, os negativos. O Brasil se encontra totalmente a oeste de Greenwich, possuindo assim, somente longitudes negativas.

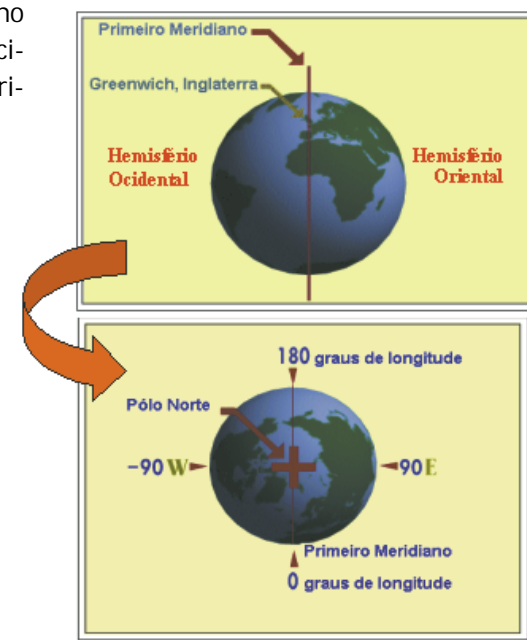


Figura 63. Método de contagem das longitudes.

Tanto para a latitude como para a longitude, objetivando uma maior precisão na localização, os graus são subdivididos em minutos e segundos, sendo que um grau ( $1^\circ$ ) possui 60 minutos ( $60'$ ), enquanto um minuto possui 60 segundos ( $60''$ ).

## ESCALAS

Apesar de óbvio, é importante lembrar que todo mapa representa necessariamente as áreas mapeadas de maneira reduzida.

Cartograficamente, a escala é a razão entre uma medida efetuada sobre o mapa e sua medida real na superfície terrestre. Isto quer dizer que as medidas de comprimento e de área efetuadas no mapa terão representatividade direta sobre seus valores reais no terreno. Quanto menor a escala maior a área de representação e menores os detalhes observados.

Existem duas formas comuns de indicar a escala de um mapa:

- A escala gráfica, apresentada na figura 64, assemelha-se a uma régua com subdivisões detalhadas ou não, dependendo do grau de definição (ou resolução) que o mapa oferece. Para se medir pequenas distâncias diretamente sobre mapas, pode-se fazer uso desta escala.



Figura 64. Escala gráfica.

- A escala numérica (Figura 65) é apresentada a partir de números fracionários que representam uma razão. Por exemplo, a escala 1:25.000 (ou  $1/25.000$ , que se lê "um para 25.000"), onde uma unidade no mapa corresponde a 25.000 vezes essa mesma unidade no terreno, ou seja, se medirmos 1 cm no mapa, esta medida equivale a 25.000 cm no terreno, ou 250 m.

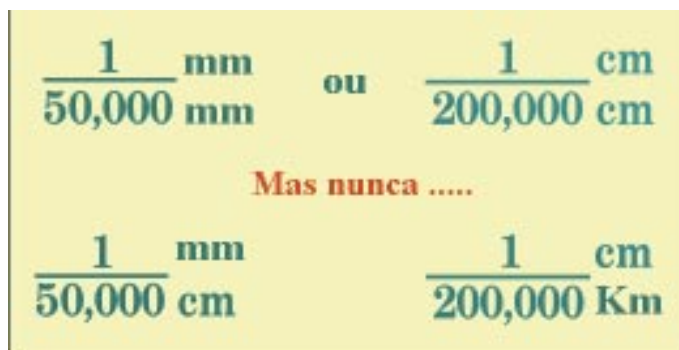


Figura 65. Escalas numéricas.

Quando tratamos de fração devemos ter toda a atenção com a relação maior e menor. Quanto maior o denominador da fração, menor é a escala e menores são os detalhes contidos no mapa, e vice-versa. A figura 66 ilustra a relação entre denominador maior e escala menor.

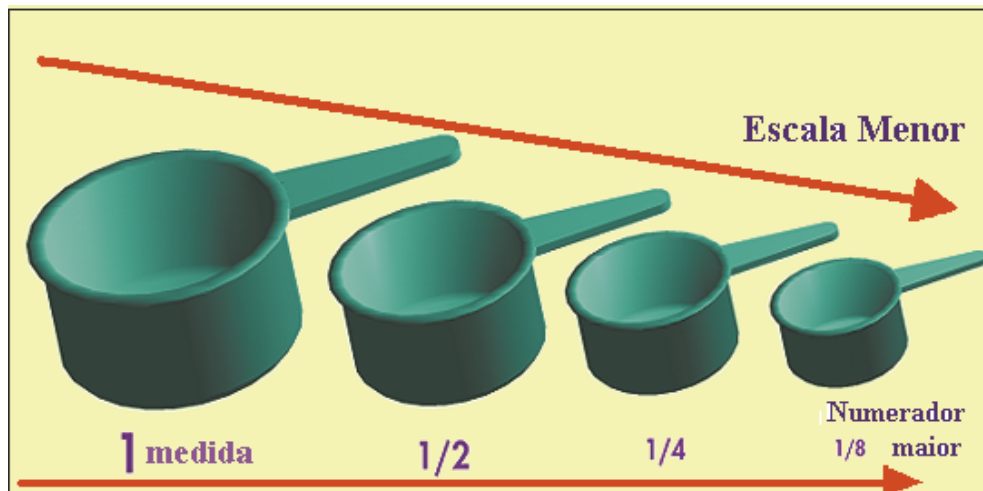


Figura 66. Relação maior e menor em escala.

O nível de detalhamento de um mapa está intimamente relacionado à sua escala. Quanto maior a escala deste mapa, maior o nível de detalhamento representado e menor a área de abrangência levantada. A figura 67 apresenta uma mesma área representada em duas escalas diferentes. Observa-se que o que ocorre não é uma simples ampliação dos elementos representados, mas de fato um maior detalhamento da área, através da melhor definição de alguns elementos e da inclusão de outros.

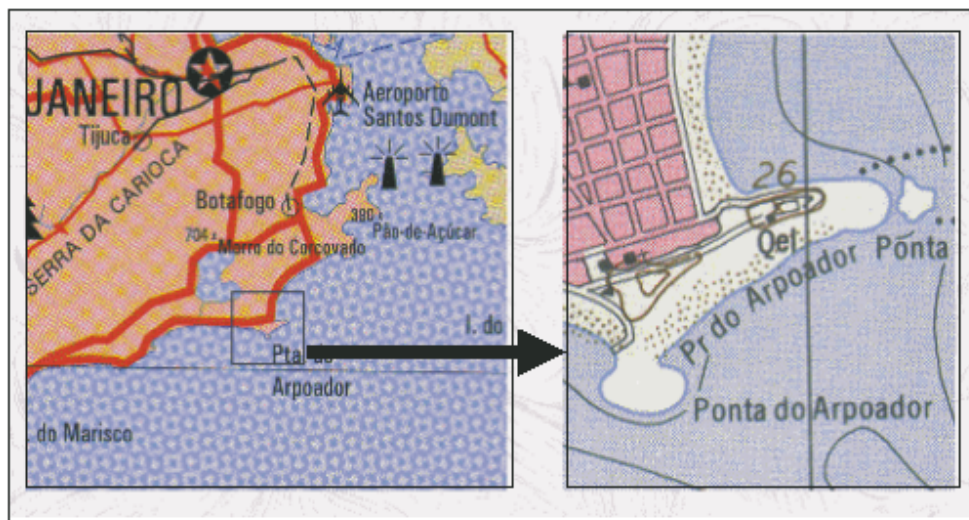


Figura 67. Nível de detalhamento em mapas de diferentes escalas.

## ERRO E PRECISÃO GRÁFICA

A escala de representação está ligada a um conceito de precisão de observação. O olho humano permite distinguir uma medida linear de aproximadamente 0,1 mm. Um ponto porém, só será perceptível com valores em torno de 0,2 mm de diâmetro. Este valor de 0,2mm foi então adotado como a precisão gráfica percebida pela maioria dos usuários e caracteriza o erro gráfico vinculado à escala de representação. Dessa forma, a precisão gráfica de um mapa está diretamente ligada a este valor fixo de 0,2 mm, estabelecendo assim a precisão das medidas da carta, em função direta da escala,.

Quanto menor a escala de representação maior é o erro gráfico associado. Logo, a escolha da escala deve, entre outras coisas, considerar as dimensões e precisões de posicionamento desejadas. O erro gráfico representa, na verdade, a componente final de todos os erros acumulados durante o processo de construção da carta (campo, aerotriangulação, restituição, gravação e impressão).

Quando usa-se um documento cartográfico como base para construção de outros mapeamentos, normalmente temáticos, seja por um processo analógico ou convencional, ou um processo digital, deve-se levar em consideração os erros inerentes ao documento de partida impossíveis de serem minorizados.

## PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Embora saiba-se que a Terra não é uma esfera perfeita, pode-se dizer que um globo geográfico é a sua representação mais semelhante, principalmente quando a reduzimos a escalas muito pequenas. No entanto a representação da Terra através de globos tem uma série de desvantagens, entre elas o fato destes serem de difícil manuseio, de confecção cara e de só atenderem a representações em escalas muito pequenas.

Estas desvantagens são eliminadas quando se utiliza uma representação plana da superfície terrestre, em que cada ponto da superfície terrestre terá um e apenas um ponto correspondente na carta ou mapa (Figura 68). Os métodos empregados para se obter esta correspondência são os chamados Sistemas de Projeção Cartográfica.

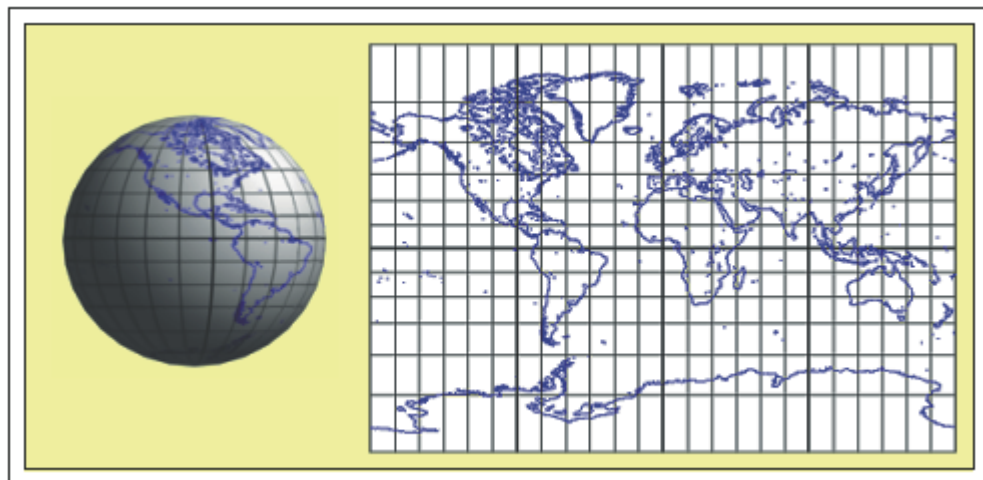


Figura 68. Representações da Terra – o globo terrestre e o mapa.

Todos os sistemas de projeção apresentam deformações, já que não é possível “achatar” uma superfície esférica em uma superfície plana sem a deformar<sup>4</sup>. Estas deformações podem ser lineares, angulares, superficiais ou, ainda, uma combinação destas três.

O importante é ter-se capacidade de decidir a melhor projeção para a aplicação que se deseja, analisando-se as propriedades geométricas oferecidas por cada projeção, de modo a preservar as características mais importantes para cada tipo de uso, pois, frequentemente, precisamos conhecer a distância entre lugares, a área de cidades, estados, ou outras parcelas de terra; a direção de ventos, sinais eletrônicos, etc.

Ou seja, todo mapa apresenta algum tipo de distorção, que depende da natureza do processo de projeção. Dependendo do objetivo do mapa, estas distorções podem ser minimizadas quanto à forma, área, distância ou direção. Portanto, quando utilizamos mapas devemos procurar escolher as projeções que preservem as características mais importantes para o nosso estudo, e que minimizem as outras distorções.

### **Superfícies Desenvolvíveis**

Não existe forma de se transformar uma superfície esférica em um plano sem modificar a sua geometria. Diferentemente da esfera, existem superfícies que podem se desenvolver em um plano sem qualquer deformação, denominadas superfícies desenvolvíveis, e são ideais para serem usadas como superfícies intermediárias, ou auxiliares, na projeção dos elementos do globo em um plano.

Existem inúmeras classificações dos sistemas de projeção, mas as mais usuais classificam quanto às superfícies utilizadas para desenvolvimento da esfera em um plano, e quanto às propriedades geométricas conservadas.

No primeiro caso, tem-se as famílias das projeções cilíndricas, cônicas e planas (Figura 69).

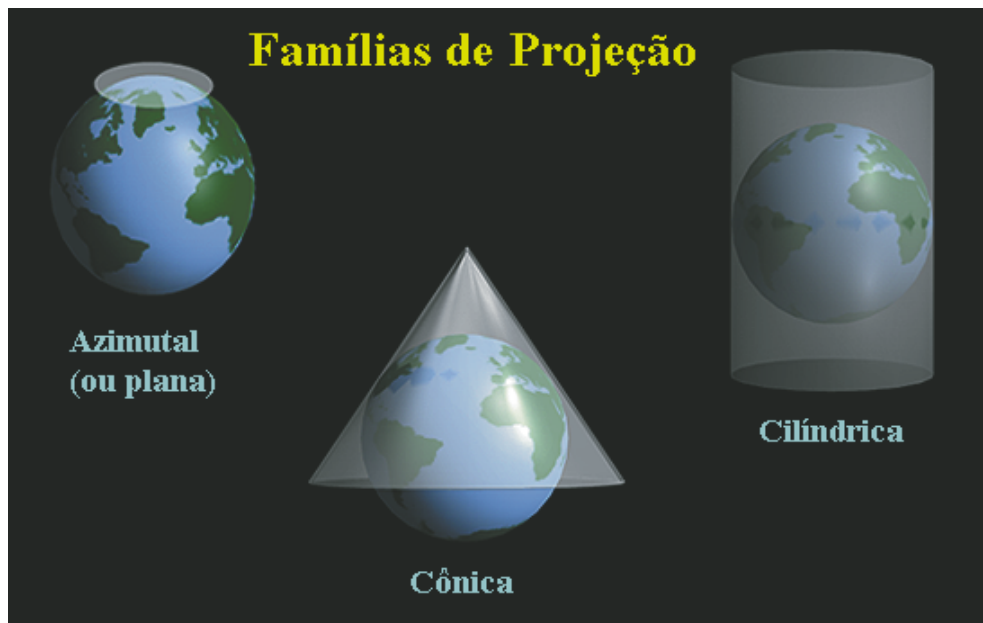


Figura 69. Classificação das projeções quanto às superfícies de desenvolvimento.

Quanto às propriedades geométricas conservadas, as projeções podem ser classificadas em:

- **Equivalentes:** não deformam áreas, conservando uma relação constante, em termos de área, com a superfície terrestre. Devido às suas deformações não é adequada à cartografia de base, porém é de muito interesse para a cartografia temática;
- **Conformes:** também conhecidas como ortomórficas, possuem a propriedade de não deformar a forma e os ângulos de pequenas áreas. Nestas projeções os paralelos e meridianos se cruzam em ângulos retos, e a escala em torno de um ponto se mantém para qualquer direção. Uma das projeções conforme mais conhecida é a Universal Transversa de Mercator ou UTM, utilizada no mapeamento sistemático brasileiro.
- **Equidistantes:** são as projeções que não apresentam deformações lineares, ou seja, os comprimentos são representados em escala uniforme. Esta condição só é conseguida em determinada direção, podendo ser classificada ainda em: meridiana, transversal e azimutal ou ortodrômica. É menos empregada que as projeções conforme ou equivalentes, porque raramente é desejável um mapa com distâncias corretas apenas em uma direção.

Nenhuma dessas propriedades podem coexistir, por serem incompatíveis entre si. Logo, uma projeção terá uma e somente uma dessas propriedades.

A representação das regiões terrestres em um mapa, é dependente da projeção utilizada, já que formas e áreas variam para cada caso. É comum na preparação das bases de dados digitais para SIG, a necessidade de efetuar transformações geométricas entre mapas em projeções distintas, de modo a permitir a sua compatibilização em um mesmo projeto, adotando-se um sistema de projeção único.

Normalmente em um país, é utilizado um conjunto padrão de projeções, previamente definido, para atender às demandas específicas de utilização e à representação em escala.

No Brasil temos o seguinte padrão para projeções:

- Para o mapeamento sistemático:
  - Escalas 1:25.000 a 1:250.000 – UTM
  - Escalas 1:500.000 a 1:1.000.000 - Conforme de Lambert
  - Escala 1:5.000.000 – Policônica MC=-54°
- Cartas náuticas – Mercator.

### **O Sistema Universal Transverso de Mercator - UTM**

A conhecida projeção UTM, na verdade, não é uma projeção, mas sim, um sistema da projeção transversa de Mercator conforme de Gauss, onde o cilindro se encontra em posição transversa.

Este sistema surgiu em 1947 para determinar as coordenadas retangulares nas cartas militares, em escala grande, de todo o mundo. Tendo sido proposto em 1951, pela UGGI (União Geodésica e Geofísica Internacional), como um sistema universal, numa tentativa de unificação dos trabalhos cartográficos, foi adotado em 1955 pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército e o IBGE para o mapeamento sistemático do país.

Gradativamente foi sendo adotado para os mapeamento topográfico de qualquer região, sendo hoje bastante utilizado em variados tipos de levantamentos.

As principais características do sistema UTM são:

- A Terra é dividida em 60 fusos de 6° de longitude (Figura 70), numerados a partir do antimeridiano de Greenwich (180°), seguindo de oeste para leste até o fechamento neste mesmo ponto de origem;
- Cada fuso possui um meridiano central (MC) que o divide exatamente ao meio, sendo o seu valor igual ao do limite inferior do fuso mais 3 graus;

- Contagem de coordenadas é idêntica em cada fuso e tem sua origem a partir do cruzamento entre a linha do equador e o meridiano central do fuso; e
- A extensão em latitude vai de 80° Sul até 84° Norte, ou seja, vai até às calotas polares.

FUSOS	MC	Meridianos Extremos
18	75° W	78° W - 72° W
19	69° W	72° W - 66° W
20	63° W	66° W - 60° W
21	57° W	60° W - 54° W
22	51° W	54° W - 48° W
23	45° W	48° W - 42° W
24	39° W	42° W - 36° W
25	33° W	36° W - 30° W

Tabela 1. Fusos do Sistema UTM no Brasil.

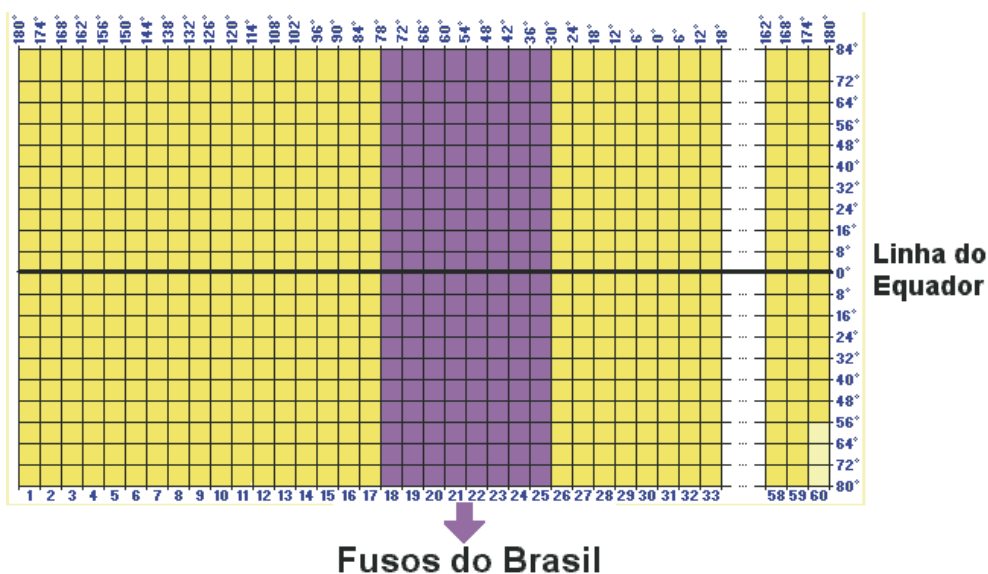


Figura 70. Contagem dos fusos do sistema UTM.

### Sistema de Coordenadas UTM:

A origem das coordenadas no sistema UTM, se dá no cruzamento da linha do equador, com o meridiano central de cada fuso. Logo, as mesmas coordenadas se repetem em todos os fusos, o que torna fundamental o conhecimento acerca da numeração do fuso ou da coordenada do Meridiano Central, já que estes são os únicos parâmetros que distinguem os fusos.



Para evitar coordenadas negativas, são acrescentadas as seguintes constantes:

- 10.000.000 m para o Equador no hemisfério sul (no hemisfério norte o equador recebe o valor de 0m). As coordenadas vão diminuindo em direção ao pólo sul e aumentando em direção ao pólo norte.
- 500.000 m para o meridiano central de cada fuso. As coordenadas vão aumentando para leste e diminuindo para oeste do Meridiano Central.

A figura 71 apresenta esquematicamente um fuso, e a contagem de coordenadas UTM.

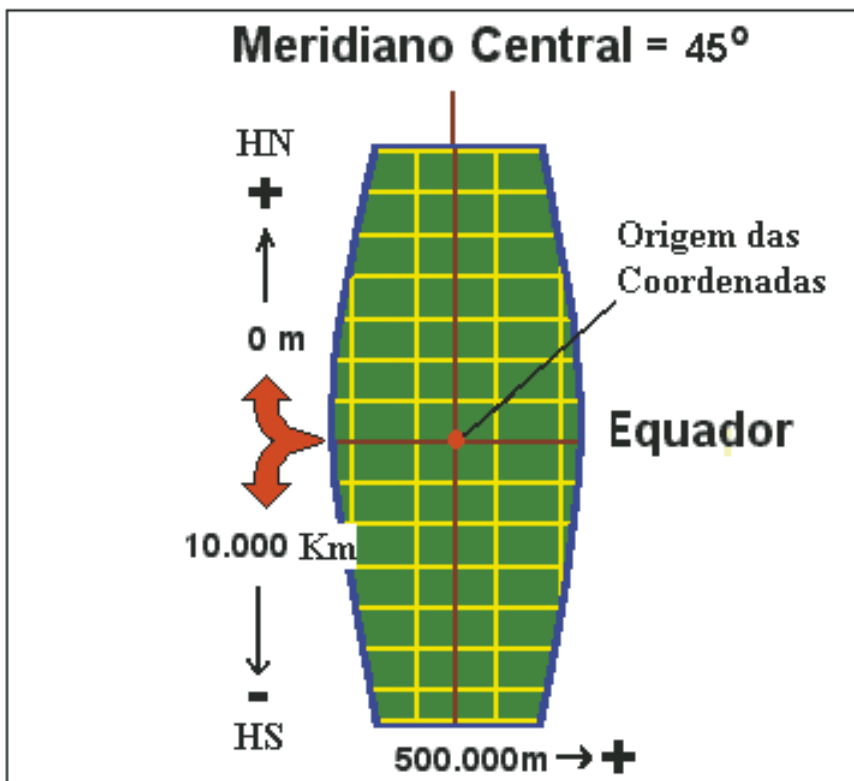


Figura 71 Sistema de coordenadas UTM.

Para o Brasil, quase totalmente inserido no hemisfério sul, considera-se as coordenadas acima do equador, crescendo sequencialmente, a partir dos 10.000.000 m adotados para as áreas do hemisfério sul, ou seja, não se considera o equador como 0m, para contagem das coordenadas da porção do Brasil situada no Hemisfério Norte.

A simbologia adotada para as coordenadas UTM é: N = para as coordenadas NORTE-SUL; e E = para as coordenadas LESTE-OESTE.

Logo, um ponto qualquer P, será definido no sistema UTM pelo par de coordenadas E e N.

O conhecimento acerca do fuso, como já dito, é fundamental para o posicionamento correto das coordenadas do Sistema UTM. O seu cálculo pode ser efetuado facilmente através da seguinte fórmula:

No Brasil usa-se sempre o sinal  
- já que todas as coordenadas de  
longitude no país são negativas

$$\text{Fuso} = \text{inteiro} ((180 \pm \lambda) / 6) + 1$$

Como exemplo, pode-se calcular em que fuso está um ponto na longitude 43°, conforme abaixo:

$$\text{Fuso} = \text{int} (180 - 43) / 6 + 1 \Rightarrow \text{fuso} = \text{int} (137 / 6) + 1 \Rightarrow \text{fuso} = 22 + 1$$

$$\text{Fuso} = 23$$

Os programas de geoprocessamento, de um modo geral, solicitam a informação do fuso, como parâmetro para definição do sistema UTM. Na maioria das cartas, a informação constante é a do Meridiano Central e faz-se necessário o cálculo do fuso.

1. Um sistema comum, de uso internacional, é o WGS-84 (cujo elipsóide é orientado globalmente).
2. Que também são convencionadas como coordenadas positivas (0° a +90°)
3. Que também são convencionadas como negativas (0° a -90°)
4. Como exemplo, podemos imaginar uma laranja com um corte de 180° (de um pólo ao outro) sendo esticada em um plano. Sem dúvida alguma, acontecerá fatalmente, que qualquer imagem que tivéssemos traçado sobre a sua superfície ficará distorcida ou deformada.



**ALTIMETRIA:** medição e representação do relevo para determinação das cotas dos pontos levantados.

**ARCO:** entidade unidimensional, com início e fim em um nó. Pode representar uma face de um polígono, ou parte de uma feição linear.

**BANDA:** Um nível de uma imagem multiespectral, representando valores numéricos para um intervalo específico do espectro eletromagnético.

**BASE DE DADOS:** Um conjunto lógico de informações interrelacionadas. Uma base de dados de SIG, inclui dados gráficos (mapas) e informações tabulares relacionadas à localização geográfica.

**CAD:** Sistemas de Apoio a Projetos em Computador (Computer Aided Design), são sistemas de automação de tarefas largamente utilizados em arquitetura e engenharia, bem como na automação de processos cartográficos de desenho vetorial de mapas.

**CARTA:** É uma representação cartográfica das feições da superfície terrestre permitindo a avaliação precisa de distâncias e localizações geográficas. Normalmente são representações em escala média e grande (figura 72). Não existe uma classificação única, adotada universalmente, quanto aos termos carta e mapa, no entanto tradicionalmente documentos cartográficos ligados à navegação, tanto aérea como marítima recebem a denominação de carta. Para séries cartográficas, o uso mais frequente também é o do termo carta. Desta forma, temos: carta topográfica, Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo.

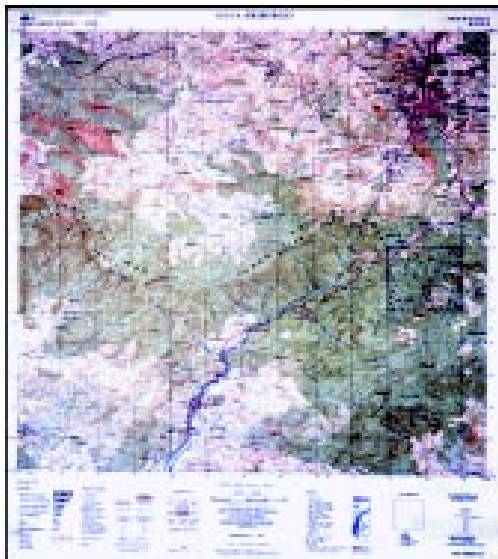


FIGURA 72: Carta Topográfica na escala 1/50.000

**CONECTIVIDADE:** Identificação topológica das conexões entre arcos, através da recuperação das informações dos nós inicial e final de cada arco. Arcos conectados são aqueles que têm em comum um mesmo nó.

**CONSISTÊNCIA:** mede se uma mesma informação, armazenada em mais de um arquivo, tem o mesmo valor, a qualquer momento, em todos os seus locais de ocorrência. Redundâncias de dados, normalmente, levam a inconsistências.

**CONTIGUIDADE (ou adjcência ou vizinhança):** identificação topológica de polígonos adjacentes, através da recuperação das informações dos polígonos à esquerda e à direita de um arco. Polígonos contíguos ou adjacentes são aqueles que têm em comum um mesmo arco.

**CONVERSÃO DE DADOS:** é a transformação de dados de um formato para outro.

**COORDENADAS:** Um conjunto de valores que determinam uma localização na superfícies terrestre em relação a um determinado sistema de referência.

**DADOS ATRIBUTIVOS:** fornecem informações descritivas acerca das características das feições gráficas do mapa. Nesta classe incluem-se os dados qualitativos e quantitativos que descrevem os pontos, as linhas ou os polígonos inseridos na base de dados. Por exemplo, um arquivo na base de dados gráficos que descreva segmentos de uma estrada, tem um arquivo de atributos a ele associado que pode incluir o nome da estrada, o tipo de pavimentação, a data de construção, dentre outras características.

**DADOS ESPACIAIS:** são dados que possuem uma posição espacial, isto é, uma localização geográfica definida. Caracterizam-se por duas componentes fundamentais:

Gráfica - que descreve a localização, as feições geográficas, e os relacionamentos espaciais entre as feições, ou seja a descrição gráfica do objeto como simbolizado num mapa; pode incluir as coordenadas, códigos e símbolos que irão definir os elementos cartográficos específicos de um mapa;

Não-gráfica - também chamada textual ou atributiva, descritora dos fatos e fenômenos, sociais e naturais, representados no mapa.

**DATUM:** Um conjunto de parâmetros e pontos de controle usados para definir com precisão a forma da Terra. O datum é a base dos sistemas de coordenadas.

**DIGITALIZAÇÃO:** como o próprio nome sugere, refere-se ao processo de transformação dos dados em formato analógico (papel) para um formato compatível com a sua utilização em computadores, ou seja, o formato digital.

**EDITAR:** processo de correção de erros, ou de modificação de um arquivo digital, gráfico ou tabular.

**ENTIDADE:** Um conjunto de objetos (pessoas, lugares, coisas) descritos por um conjunto de atributos.

**ESCALA CARTOGRÁFICA:** É uma relação entre as medidas efetuadas no mapa e as medidas correspondentes no terreno.

**ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO:** Faixa de comprimentos de onda de radiação eletromagnética.

**EXATIDÃO:** conceito estatístico que diz respeito à probabilidade de um dado se aproximar do seu valor real.

**GEOCÓDIGO:** O método mais comum de se estabelecer os relacionamentos entre dados gráficos e não-gráficos é através do armazenamento de códigos comuns a cada grupo chamados geocódigos. O SIG na realização plena de suas funções explora os relacionamentos entre os dois grupos de dados, utilizando para tal os geocódigos.

**GEOCODIFICAÇÃO:** É o processo de colocação de geocódigos, nos bancos de dados gráficos e não-gráficos.

**GEOPROCESSAMENTO:** conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de dados espaciais. É um termo amplo, que engloba diversas técnicas, cada qual com funções específicas, como digitalização, conversão de dados, modelagem digital de terreno, processamento digital de imagens e, dentre outros, os Sistemas de Informações Geográficas - SIG. Estes últimos podem ser entendidos como a mais completa das técnicas de geoprocessamento, uma vez que podem englobar todas as demais.

**GEOREFERENCIAMENTO:** é o processo de referenciar dados a um sistema de coordenadas terrestre ou a uma unidade territorial (bairro, município, etc), utilizando um geocódigo.

**GIS (GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM):** o mesmo que SIG.

**GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM):** um sistema de satélites e receptores usados para determinar posições na superfície terrestre.

**IMAGEM DIGITAL:** Conjunto de valores numéricos inteiros, representando a intensidade de luz refletida ou emitida por uma cena nesse ponto. Pode ser uma imagem de satélite, uma imagem scaneada ou uma fotografia .

**INTEGRIDADE:** refere-se à capacidade do dado gráfico representar, de maneira clara e completa, o elemento descrito no documento fonte. A avaliação da integridade objetiva eliminar as inconsistências espaciais, tais como linhas que não se encontram, permitindo uma correta representação do objeto cartográfico. No que se refere aos dados não-gráficos, é uma regra que lhes impõe restrições; por exemplo, os valores de "temperatura", da entidade Clima, devem estar dentro de um determinado intervalo.



LANDSAT: Uma série de satélites que produzem imagens da Terra (figura.). O programa Landsat foi desenvolvido pela NASA. Recentemente foi lançado o Landsat 73.

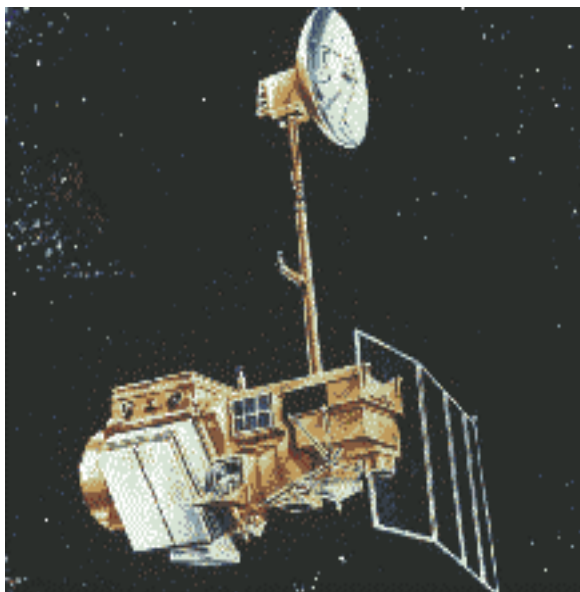


FIGURA 73 : Fotografia do satélite Landsat

**LATITUDE E LONGITUDE:** Um sistema de coordenadas esférico, usado para medir localizações na Terra. Latitude e longitude são ângulos medidos entre o centro da Terra e a localização na superfície terrestre. A latitude, representada pela letra  $j$ , mede ângulos na direção norte-sul e a longitude, representada pela letra  $l$  mede ângulos na direção este-oeste.

**LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO:** levantamento topográfico completo que abrange a planimetria e a altimetria.

**MAPA:** Há uma tendência no Brasil de seu emprego estar vinculado a documentos culturais ou ilustrativos, normalmente em escalas muito pequenas. Por exemplo mapa do Brasil, mapa dos Estados.

**MAPAS ESPECIAIS:** Diferentemente dos mapas gerais, os mapas especiais são muito específicos e sumamente técnicos, atendendo a utilidades particularizadas. Como exemplo tem-se as cartas náuticas, aeronáuticas e rodoviárias.

**MAPAS GERAIS:** Atendem a um grande e indeterminado número de usuários. Como exemplo tem-se as cartas topográficas do mapeamento sistemático. Este tipo de documento é considerado base para qualquer tipo de aplicação pois contém informações relevantes de aspectos gerais, como é o caso da planimetria e altimetria. Um exemplo importante deste tipo de mapeamento são as bases cartográficas geradas com elementos da hidrografia, sistema viário, obras e edificações, localidades e etc. (vide figura 74).

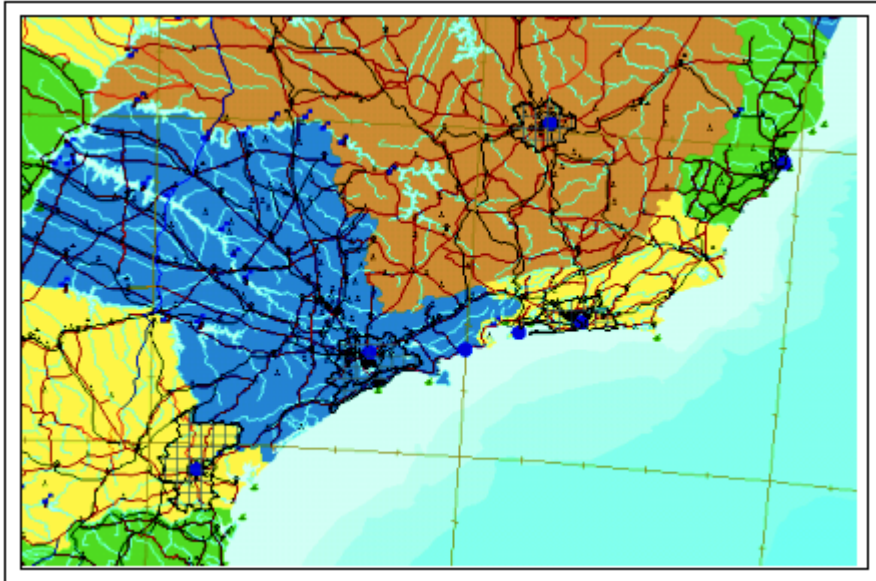


figura 74: Base Cartográfica 1/5.000.000 do IBGE

MAPAS TEMÁTICOS: Documentos elaborados em variadas escalas, que se destinam à representação gráfica de variáveis temáticas. Abrangem desde mapas físicos, como é o caso dos mapas geológicos (vide figura 75), até aos mapas sócioeconômicos, por exemplo os mapas de distribuição populacional.

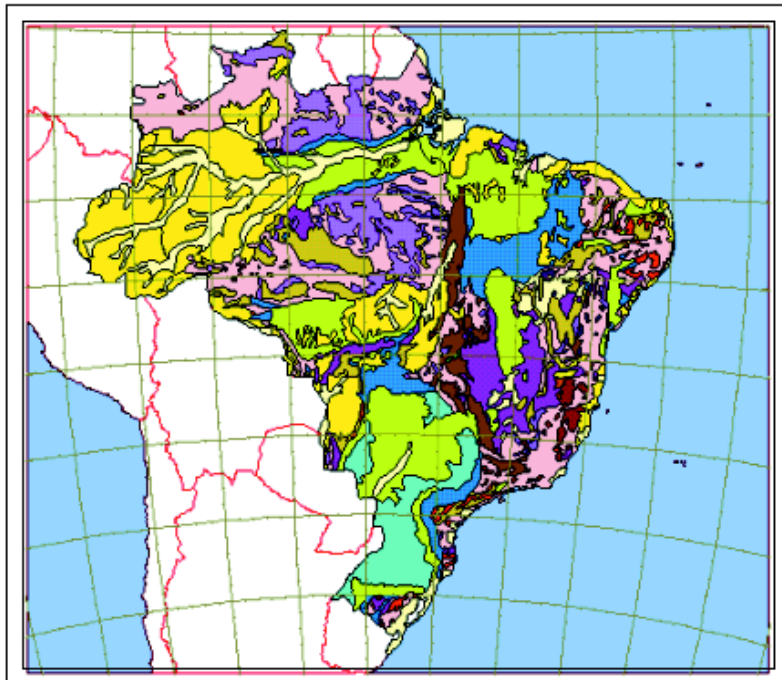


FIGURA 75: Mapa de Esboço Geológico



**MERIDIANOS:** Um arco imaginário ligando o pólo norte ao pólo sul, ao longo do qual todos os pontos têm a mesma longitude. A origem da contagem das longitudes, ou primeiro meridiano, ocorre em Greenwich, na Inglaterra.

**MESA DIGITALIZADORA:** Um dispositivo que consiste numa mesa composta de uma fina malha de fios elétricos e de um cursor com uma mira para “redesenhar” as feições de um documento analógico. Existem mesas de diversos formatos, desde A4 até A0.

**NÓ:** entidade adimensional, usado para representar os pontos inicial e final dos arcos, ou as posições de feições pontuais.

**ORTOFOTOCARTA:** Carta topográfica que tem como origem fotografias aéreas, corrigidas das inclinações da aeronave e da variação do relevo, em que a planimetria é dada pela própria fotografia, e a altimetria é superposta como um arquivo vetorial.

**PIXEL:** do inglês picture element, diz respeito ao menor elemento de uma imagem.

**PLANIMETRIA:** medição e representação plana dos elementos geográficos para determinação das coordenadas dos pontos a serem levantados.

**PLANTAS:** Documentos em escalas muito grandes, ou seja, com bastantes detalhes. Seu uso é bastante comum em arquitetura e na engenharia civil.

**POLÍGONO:** entidade bidimensional, que representa feições de área. São definidos por uma série de arcos.

**PRECISÃO:** refere-se à qualidade da operação pela qual um resultado qualquer é obtido; um par de coordenadas, por exemplo, é considerado preciso se atender a determinadas tolerâncias preestabelecidas.

**PROJEÇÃO:** Modelo matemático que transforma a localização de feições na superfície terrestre em localizações numa superfície plana. Neste processo de transformação de uma superfície tridimensional em uma superfície bi-dimensional, sempre ocorrem distorções. Os diferentes sistemas de projeção procuram minimizar essas distorções quanto à forma, área, direção e distância.

**RASTER:** estrutura de dados matricial, composta de linhas e colunas para armazenamento de imagens.

**RESOLUÇÃO ESPACIAL:** refere-se à capacidade do sensor de individualizar elementos gráficos e define o tamanho do pixel. Quanto maior o tamanho do pixel, menor é a resolução espacial da imagem e vice-versa.

**RESOLUÇÃO ESPECTRAL:** é um conceito inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. É definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral do sensor.

**RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA:** é dada pelo número de níveis digitais, representando níveis de cinza usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior é a resolução radiométrica.

**SCANNER:** Dispositivo ótico-eletrônico, que por um processo de varredura, transforma documentos analógicos (papel) em sinais digitais, formando imagens matriciais (raster). Existem scanners de diversos formatos, desde A4 até A0, e com resoluções distintas. Ao se scanear um mapa, é importante estar atento à resolução do scanner (tamanho do pixel), já que a precisão do mapa scanneado estará diretamente ligada à resolução utilizada no processo de digitalização.

**SENSORES:** equipamentos capazes de coletar a radiação eletromagnética proveniente das substâncias, convertendo-a em sinal passível de registro para futura extração de informações.

**SENSORIAMENTO REMOTO:** processo de aquisição de informações acerca de um objeto, sem contato físico. Métodos de sensoriamento remoto incluem fotografias, radar e imagens de satélites.

**SGBD (SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS):** Um conjunto de programas computacionais para organizar as informações de uma base de dados. UM SGBD, possui funções para entrada de dados, verificação, armazenamento, recuperação, análise e manipulação de dados.

**SIG (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS):** Um conjunto organizado de hardware, software, dados geográficos e pessoas treinadas, para capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar, e apresentar todas as formas de informações georeferenciadas.

**SISTEMA DE COORDENADAS:** Um sistema de referência usado para medir distâncias horizontais e verticais, num mapa. É normalmente definido por uma projeção cartográfica, um elipsóide de referência, um datum e um meridiano central.

**SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS:** sistema de coordenadas planas, bi-dimensional, em que cada ponto é definido por uma par de coordenadas, X e Y.

**SPOT (SATELLITE PROBATOIRE POUR L'OBSERVATION DE LA TERRE):** satélite experimental para observação da Terra, desenvolvido na França e lançado em 1986, para detecção de recursos terrestres (figura 76). Possui sensores de alta resolução.

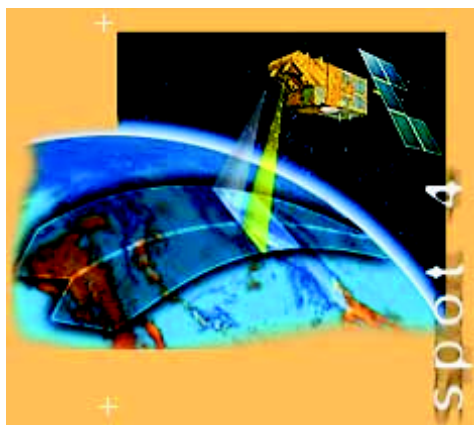


FIGURA76: Satélite SPOT *scanneando* a superfície terrestre

**TOPOLOGIA:** relacionamentos espaciais entre os objetos gráficos (nós, arcos e polígonos). É a estrutura de dados vetoriais mais utilizada em SIG, uma vez que permite o desenvolvimento de diversas análises espaciais, que envolvam relações de conectividade, adjacência, proximidade e contingência.

**VECTOR:** Uma estrutura de dados baseada em coordenadas, usada para representar feições geográficas. Todas as feições num mapa são representadas por um ponto, uma linha ou um polígono. Um ponto é representado por um par de coordenadas, uma linha por uma sequência de coordenadas e um polígono por um conjunto de coordenadas delimitadoras de sua área.

**VETORIZAÇÃO:** processo de transformação dos dados em formato matricial para o formato vetorial.

1. ARONOFF, Stan, 1995, *Geographic Information Systems: a Management Perspective*, WDL Publications, Ottawa, Canada.
2. BARCELLOS, C; BASTOS, F., 1996. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? *Cadernos de Saúde Pública*, 12(3):389-397.
3. BARCELLOS, C; SANTOS, S.M., 1997. Colocando dados no mapa: a escolha da unidade espacial de agregação e integração de bases de dados em saúde e ambiente através do geoprocessamento. *Informe Epidemiológico do SUS*, 6(1):21-29.
4. BARCELLOS, C.; BARBOSA, K.C.; PINA, M.F.; MAGALHÃES, M.M.A.F.; PAOLA, J.C.M.D.; SANTOS, S.M. (1998) "Inter-relacionamento de Dados Ambientais e de Saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistemas de Informações Geográficas". *Cadernos de Saúde Pública*, 14(3): 597-605, jul-set, 1998.
5. BARRETT, F.A., 1991. "SCURVY' Linds medical geography". *Social Science & Medicine*, 33: 347-353.
6. BASTOS, F.I.; BARCELLOS, C.; LOWDES, C.M.; FRIEDMAN, S.R., 1999. Double infection with HIV and malaria among Brazilian IDUs: a new challenge? *Addiction*. 94(8), 1165-1174.
7. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. COORDENAÇÃO DE SAÚDE DA COMUNIDADE. *Saúde da Família: uma estratégia para reorientação do modelo assistencial*. Brasília. Ministério da Saúde, 1997.
8. BRETAS, G.; BESSA, R., 1996. Um Sistema Geográfico de Informações para o Controle da Malária na Amazônia. *Informe Epidemiológico do SUS*, 5(3): 73-81.
9. BRIGGS, D.J.; ELLIOT, P., 1995. The use of geographical information systems in studies on environment and health. *Wid hlth quart*, 48: 85-94.
10. BURROUGH, P.A., McDONNELL, R., 1998, *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press.
11. CARVALHO, D.M., 1997. *Grandes Sistemas Nacionais de Informação em Saúde: revisão e discussão da situação atual*. *Informe Epidemiológico do SUS*, 5(4): 7-46.
12. CAMPOS, T.P., 1997. *Perfil de Nascimentos e Óbitos Infantis: a busca da assistência no município do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ.
13. *Melhoramentos de São Paulo, 1998, Atlas Geográfico Melhoramentos – Brasil*, CD/ROM Multimídia, Rio de Janeiro.
14. COWEN, 1988

15. CROSTA, Álvaro, 1992, *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*, Unicamp.
16. CRUZ, C. B. M., et al, 1999, O uso sem controle de técnicas cartográficas alternativas e a construção de bases de referência inadequadas, in *Anais do XIX Congresso de Cartografia*, Recife.
17. CRUZ, C. B. M, PINA, M. F., *Conceitos e divisão da cartografia*, in *Apostila de Fundamentos em Cartografia do I Curso de Especialização em Geoprocessamento*, LAGEOP/UFRJ.
18. DE KADTE & TASCA, R. *Promovendo a Equidade - Um Novo Enfoque com Base no Setor da Saúde - Cooperação Italiana em Saúde*. HUCITEC, São Paulo, 1993. 107p
19. DENT, Borden D., 1996, *Cartography, Thematic Map Design*, WCB Publishers.
20. DI VILAROSA, F.N.; TASCA, R.; FERNADES, R.V., 1990. Análise da situação sócio-sanitária, microlocalização e participação no distrito sanitário de Pau da Lima, Salvador. *Revista Bahiana de Saúde Pública*, 17(1/4): 7-14.
21. ELIAS, M.S.; TINEN, R.N., 1995. Estudo do Impacto das Ações de Saneamento segundo Condições de Vida e Saúde em Curitiba-PR. III Congresso Brasileiro de Epidemiologia, Salvador, abril/1995.
22. FERREIRA, Cláudia, *Sistema de Informação Geoambiental: Metodologia e Concepção Aplicadas*, Tese de Mestrado, pags. 65 a 104, IME, 1992.
23. HAYES, M.V., 1992. On Epistemology of Risk: language, lococ and social science. *Social Science Medical*; 35:401-407.
24. HUXHOLD, W., 1991, *An Introduction to Urban Geographic Information Systems*, Oxford University Press.
25. JENSEN, J.R.; 1986, *Introductory Digital Image Processing - A Remote Sensing Perspective*; Prentice-Hall, New Jersey.
26. KRAAK, M., J., ORMELING, F. J., 1996, *Cartography: Visualization of Spatial Data*, Longman.
27. HEARNSHAW, H., UNWIN, D., 1994, *Visualization in Geographical Information Systems*, John Wiley & Sons, London.
28. LILESAND, Thomas, KIEFER, Ralph, 1994, *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons.
29. LIMA, Sônia, *Procedimento Fotogramétrico para Construção de uma Base de Dados em Sistemas de Informação Geográfica*, Tese de Mestrado, pags. 3 a 70, IME, 1991.
30. LOCH, C.; 1993, *A Interpretação de Imagens Aéreas - Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais*; Editora da UFSC, Florianópolis, SC.
31. MACEACHREN, Alan M., 1995, *How Maps Work: Representation, Visualization and Design*, The Guilford Press.
32. MAGUIRRE, D.J.; GOODCHILD; NS; RHIND; DW; 1991. *Geographical Informations Systems: Pricipals and Applications*. Longman, Londres. Maguirre et al., 1991.

33. MARTIN, David, 1991, Geographical Information Systems and socioeconomic applications, Routledge, London.
34. MASCARENHAS, N.D.A. & VELASCO, R.D.;1989, Processamento Digital de Imagens; Editora Kapelusz, São José dos Campos, SP.
35. MS/OPAS, 1983. Manual sobre o enfoque de risco na saúde materno-infantil. Vols.1, 2, 3. Brasília. Ministério da Saúde.
36. MORAES, R.M.; 1992, Implementação de um Sistema de Classificação de Imagens Orbitais Compatível com o Sistema SITIM; Tese de Mestrado; UFPB, Campina Grande.
37. MOREIRA, R., 1994, Gráficos Dinâmicos Associados a Sistemas de Classificação Supervisionada de Imagens, dissertação de mestrado, IME.
38. MUEHRCKE, Phillip, MUEHRCKE, Juliana, 1992, Map Use: reading, analysis and interpretation, JP Publications.
39. Nobre & Carvalho,1996
40. Nobre et al, 1990
41. NOBRE, F.F.; BRAGA, A.L.; PINHEIRO, R.S.; LOPES, J.A.S., 1996. SIGEPI: Um Sistema Básico de Informação Geográfica para Apoio à Vigilância Epidemiológica, Informe Epidemiológico do SUS, 5(3): 59-72.
42. NOVO, Evlyn, 1992, Sensoriamento Remoto, princípios e aplicações, Editora Edgard Blucher Ltda.
43. OLIVEIRA, I. A., 1993, Módulo de Tratamento de Imagem Digital, Tese de Mestrado, IME, Rio de Janeiro RJ.
44. PINA, M.F., Modelagem e Estruturação de Dados Não-Gráficos em Ambiente de Sistemas de Informação Geográfica: Estudo de Caso na Área de Saúde Pública, Tese de Mestrado, IME, 1994.
45. PINA, M.F. & CRUZ, C.M, 1999, Estrutura de Dados e Métodos de Aquisição de Dados in Apostila de Fundamentos em Cartografia do I Curso de Especialização em Geoprocessamento, LAGEOP/UFRJ.
46. PINA, M.F., Potencialidade dos Sistemas de Informações Geográficas na área da Saúde, in NAJAR, A. e MARQUES, E (org.) Saúde e espaço: estudos metodológicos e técnicas de análise, p.125 - 133, Editora Fiocruz, 1998, Rio de Janeiro.
47. RICHARDS, J.A.: 1986, Remote Sensing Digital Image Analysis - An Introduction; Springer-Verlag, New York.
48. ROBINSON, Arthur H. & al, 1995, Elements of Cartography, John Wiley & Sons, New York.
49. SANTOS, S.M., 1999. Homicídios em Porto Alegre, 1996: Análise Ecológica de sua Distribuição e Contexto Socioespacial. Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ.



50. SCARIM, José Luiz & TEIXEIRA, Amandio Luís de A., Digitalização e Conversão Raster/Vector de Mapas, Revista Fator GIS, 1994, Ano 2, N° 6, Curitiba.
51. SCHOLTEN, Henk J. & LEPPER, Marion J. C., 1991. The Benefits of the Application of Geographical Information Systems in Public and Environmental Health, World Health Statistical Quarterly Report, 44: 160 - 170.
52. SCHOLTEN, H.J.; STILLWELL, J.C.H., 1990. Geographical Information Systems: The Emerging Requirements In: SCHOLTEN, HJ & STILLWELL, JCH (org.) Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning. ed. Kluwer Academic Publishers, p.3-14.
53. SCHOWENGERDT, R.A.; 1983, Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing; Academic Press, London
54. SOUZA, D.S.; TAKEDA, S.M.P; NADER, E.K.; FLÔRES, R.; SANTOS, S.M.; GIACOMAZZI, M.C.G., 1996. Sistema de Informações Georreferenciadas no Planejamento dos Serviços de Saúde, Momento & Perspectivas em Saúde, 9(2): 10-15.
55. TOMLIN, Dana, 1990, Geographic Information Systems and Cartographic Modeling, Prentice Hall.
56. TYNER, Judith, 1992, Introduction to Thematic Cartography, Prentice Hall.
57. VIEIRA, C.A.O.; Técnicas de Classificação Não-Supervisionada em Imagens Digitais Multiespectrais; Tese de Mestrado; IME, Rio de Janeiro, RJ, 1993.
58. XAVIER-DA-SILVA, J., 1990. A Nova Versão do SAGA/UFRJ. VI Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Vol. 3. Manaus.

## SITES DE INTERESSE

PORTAL ABYAN DE ACESSO A INFORMAÇÕES  
SOBRE GEOGRAFIA E SAÚDE ..... [HTTP://ABYAN.COM/DEFAULT.ASP](http://abyan.com/default.asp)

## SAÚDE

ABRASCO ..... [HTTP://WWW.ABRASCO.COM](http://www.abrasco.com)

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION ..... [HTTP://WWW.CDC.GOV](http://www.cdc.gov)

CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGIA ..... [HTTP://WWW.FNS.GOV.BR/CENEPI/DEFAULT.HTM](http://www.fns.gov.br/cenepi/default.htm)

CEPIS-OPS ..... [HTTP://WWW.CEPIS.ORG.PE](http://www.cepis.org.pe)

DATASUS-MS ..... [HTTP://WWW.DATASUS.GOV.BR](http://www.datasus.gov.br)

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE ..... [HTTP://WWW.FNS.GOV.BR](http://www.fns.gov.br)

WORLD RESOURCES INSTITUTE ..... [HTTP://WWW.WRI.ORG/WRI.INDEX.HTML](http://www.wri.org/wri.index.html)

## SIG

1997 RESEARCH REPORT SERIES ..... [HTTP://WWW.BIOSTAT.UMN.EDU/CGI-BIN](http://www.biostat.umn.edu/cgi-bin)

AI-GEOSTATS HOMEPAGE ..... [HTTP://CURIE.EI.JRC.IT/AI-GEOSTATS.HTML](http://curie.ei.jrc.it/ai-geostats.html)

ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS GEOGRÁFICOS ..... [HTTP://WWW.SPUNIK.DPI.INPE.BR/CURSOS/ANALISE](http://www.sputinik.dpi.inpe.br/cursos/analise)

BARBARA TEMPALSKI'S ..... [HTTP://WEBER.U.WASHINGTON.EDU/~BJTEMP](http://weber.u.washington.edu/~bjtemp)

CHAART-HEALTH AND  
AEROSPACE TECHNOLOGIES ..... [HTTP://WWW.GEO.ARC.NASA.GOV/SGE/HEALTH/CHAART.HTML](http://www.geo.arc.nasa.gov/sge/health/chaart.html)

CNGI – CENTRO NACIONAL DE  
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE PORTUGAL ..... [HTTP://WWW.CNIG.PT](http://www.cnig.pt)

CODEPLAN-ARCVIEW INTERNET MAP SERVER ..... [HTTP://WWW.SITURB.GDF.GOV.BR](http://www.siturb.gdf.gov.br)

ENVIRONMENTAL MULTIMEDIA  
ASSESSMENT GIS EMAGIS ..... [HTTP://RD.TETRATECH.COM/EMAGIS.HTML](http://rd.tetrattech.com/emagis.html)

ESPAÇO GEO ..... [HTTP://WWW.INFOGEO.COM.BR](http://www.infogeo.com.br)

ESRI-GIS SOFTWARE ..... [HTTP://WWW.ESRI.COM](http://www.esri.com)

FATOR GIS ON LINE ..... [HTTP://WWW.FATORGIS.COM.BR/INDEX.SHTML](http://www.fatorgis.com.br/index.shtml)

INTERNATIONAL GEOGRAPHICS CONFERENCE ..... [HTTP://WWW.JHSPH.EDU/IHGC](http://www.jhsph.edu/ihgc)

FORUM GÉOMATIQUE ..... [HTTP://WWW.GEOMATIQUE.GEOTZERO.NET](http://www.geomatique.geozero.net)

GEOGRAFIA MEDICA-ITALIA ..... [HTTP://WWW.UNIROMA1.IT/GEO/GEOGRA/MEDICA.HTML](http://www.uniroma1.it/geo/geogra/medica.html)



GEOPLACE-GEOSPATIAL INFORMATION ..... [HTTP://WWW.GEOPLACE.COM](http://www.geoplace.com)

GISLINX,S CATEGORAIZED LIST OF GIS SITES ..... [HTTP://WWW.GISLINX.COM](http://www.gislinox.com)

GLOBIS - FACULTEIT  
RUIMTELIJKE WETENSCHAPPEN ..... [HTTP://WWW.FRW.RVV.NL/NICEGEO.HTML](http://www.frw.rvv.nl/nicegeo.html)

HEALTH GEOGRAPHIC RESOURCES ..... [HTTP://WWW.CGI.UMBC.EDU/ ~ CHPDM/HEALTHGEO](http://www.cgi.umbc.edu/~chpdm/healthgeo)

HEALTH GIS,  
GRAPHICS INFORMATION  
SYSTEMS & HEATLH  
LISTSERVER ..... [HTTP://WWW.WEB.UKONLINE.CO.UK/MEMBERS/NIROBINSON/DEVCOUNT/HEALTH.HTM](http://www.web.ukonline.co.uk/members/nirobinson/devcount/health.htm)

JUST ANOTHER MEDICAL  
GEOGRAPHY PAGE ..... [HTTP://MEMBERS.XOOM.COM/MGDIGEST/MEDICAL\\_GEOGRAPHY.HTML](http://members.xoom.com/mgdigest/medical_geography.html)

MAPINFO WEB SEMINARS ..... [HTTP://WWW.MAPINFO.COM/EVENTS/WEB\\_SEMINARS/INDEX.HTML](http://www.mapinfo.com/events/web_seminars/index.html)

MEDICAL GEOGRAPHY SPECIALTY GROUP ..... [HTTP://WWW.POP.PSU.EDU/AAG/MSGS.HTML](http://www.pop.psu.edu/aag/msgs.html)

SPATIAL NEWS ..... [HTTP://WWW.SPATIALNEWS.COM](http://www.spatialnews.com)

TERRASERVER HOMEPAGE ..... [HTTP://WWW.TERRASERVER.MICROSOFT.COM/DEFAULT.ASP](http://www.terraserver.microsoft.com/default.asp)

USEFUL SITES FOR MAPINFO USERS ..... [HTTP://RESEARCH.UMBC.EDU/ ~ ROSWELL/MIPAGE.HTML](http://research.umbc.edu/~roswell/mipage.html)

USGS NATIONAL MAPPING  
INFORMATION HOME PAGE ..... [HTTP://MAPPING.USGS.GOV](http://mapping.usgs.gov)

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ..... [HTTP://WWW.ATTCANADA.NET/ ~ GEO2000](http://www.attcanada.net/~geo2000)

PROCEEDINGS: HEALTH  
AND ENVIRONMENTAL ..... [HTTP://WWW.IDRC.CA/BOOKS/FOCUS/766/766.HTML](http://www.idrc.ca/books/focus/766/766.html)

TOOLS AND SOFTWARE ..... [HTTP://WWW.GEOCITIES.COM/TOKYO/FLATS/7335/MEDGPY\\_TOOLS.HTML](http://www.geocities.com/tokyo/flats/7335/medgpy_tools.html)

HEALTHMAP ..... [HTTP://WWW.WHO.INT/EMC/HEALTHMAP/HEALTHMAP.HTML](http://www.who.int/emc/healthmap/healthmap.html)

INTERNATIONAL GIS SITES ..... [HTTP://CGI.UMBC.EDU/ ~ CHPDM/WAPHGIS/#INTERNATIONAL](http://cgi.umbc.edu/~chpdm/waphgis/#international)

ATSDR ..... [HTTP://WWW.ATSDR.CDC.GOV](http://www.atsdr.cdc.gov)