

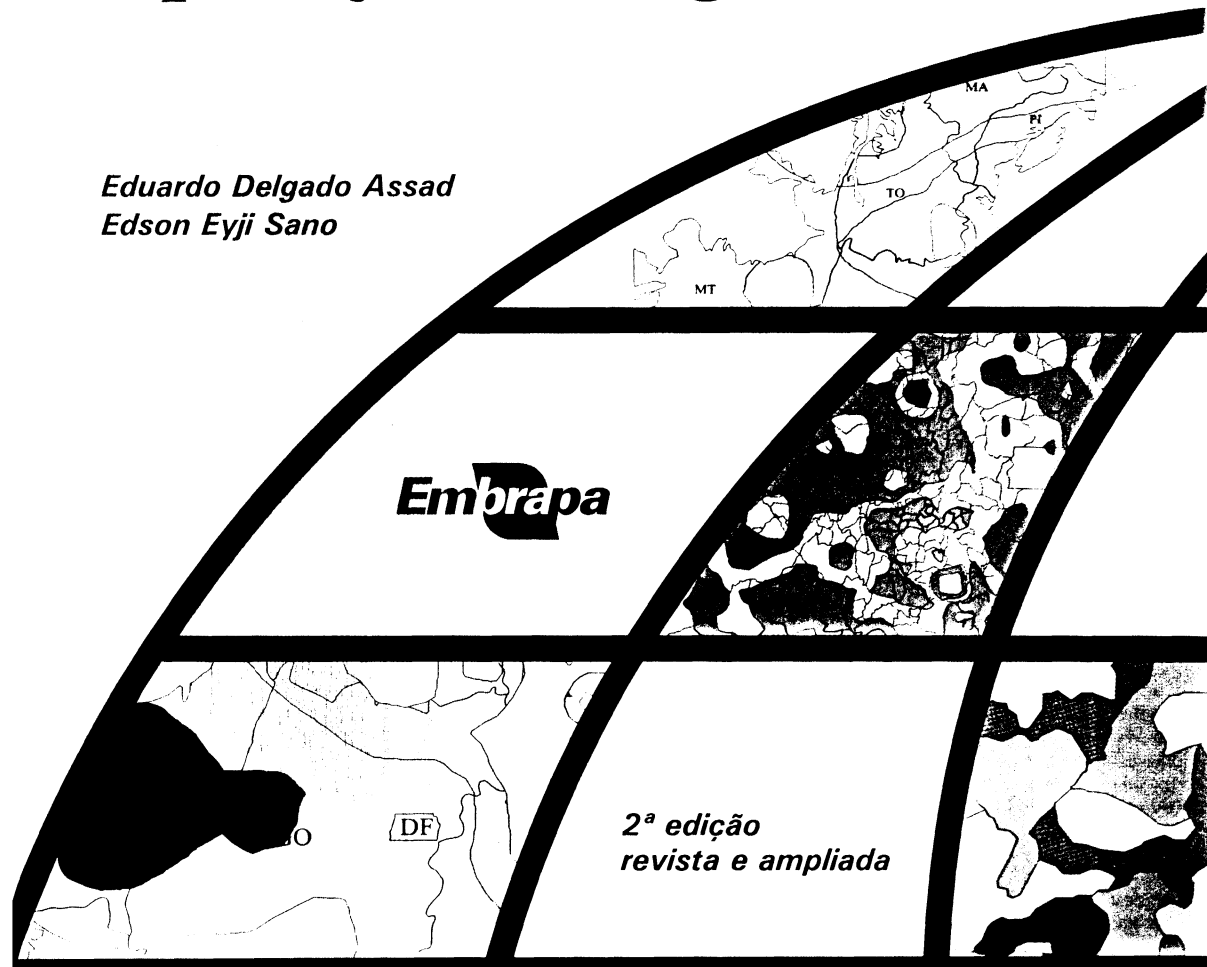
Sistema de Informações Geográficas

Aplicações na Agricultura

*Eduardo Delgado Assad
Edson Eyji Sano*

Embrapa

*2ª edição
revista e ampliada*



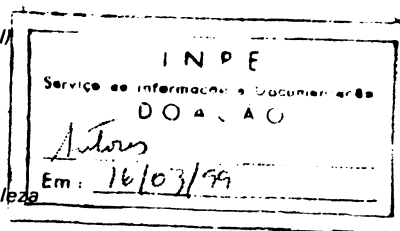
Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Produção de Informação

SAIN Parque Rural — Av. W3 Norte (final)
Caixa Postal 04315
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (061) 348-4236
Fax: (061) 272-4168

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18 — Rodovia Brasília/Fortaleza
CEP 73301-970 — Planaltina, DF
Tel.: (061) 389-1171
Fax: (061) 389-2953



Coordenação editorial

Embrapa Produção de Informação

Revisor técnico

Prof. Laerte Guimarães Ferreira Júnior

Revisão gramatical

Maria Helena G. Teixeira
Nilda Maria da Cunha Sette
Raquel Siqueira de Lemos

Normalização bibliográfica

Dauí Antunes Corrêa
Maria Alice Bianchi
Maria Tereza Machado Teles Walter
Rosa Maria E. Barros Ferreira

Programação visual e arte-final

Di Oliveira DCM

Capa

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição

1ª impressão (1993): 1.500 exemplares

2ª edição (1998): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação do Copyright © (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa. Serviço de Produção de Informação-SPI.

Assad, Eduardo Delgado.

Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura / editado por
Eduardo Delgado Assad ; Edson Eyji Sano — 2.ed., rev. e ampl. — Brasília : Embrapa-
SPI / Embrapa-CPAC, 1998.

xxviii, 434p. : il.

Inclui bibliografia.

ISBN 85-7383-045-X

1. Cartografia — Agricultura — Uso. 2. Sistema de Informação Geográfica —
Agricultura —Uso. 3. Modelo numérico do terreno. 4. Agroclimatologia. 5. Solo —
Uso. 6. Aptidão agrícola. I. Sano, Edson Eyji, ed. II. Título.

CDD 526

©Embrapa 1998

CAPÍTULO 2

MAPAS E SUAS REPRESENTAÇÕES COMPUTACIONAIS

Gilberto Câmara
José Simeão de Medeiros

2.1 Tipos de dados em Geoprocessamento

O entendimento da tecnologia de Geoprocessamento requer uma descrição dos diversos tipos de dados utilizados em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e de suas representações computacionais. São descritos a seguir os principais tipos de dados: mapas temáticos, mapas cadastrais, redes, imagens de sensoriamento remoto e modelos numéricos de terreno (MNT).

2.1.1 Mapas temáticos

Os mapas temáticos descrevem, de forma qualitativa, a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, como os mapas de pedologia ou de aptidão agrícola de uma região. Estes dados são obtidos a partir de levantamento de campo e inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens. A Figura 2.1 mostra um exemplo de um mapa pedológico, inserido no SIG através de digitalização manual do mapa resultante do Levantamento de Reconhecimento Semidetalhado dos Solos da Região dos Inhamuns-Salgado, CE (SUDEC, 1980).

2.1.2 Mapas cadastrais

Os mapas cadastrais distinguem-se dos mapas temáticos no sentido de que cada elemento é considerado como um objeto geográfico, possuindo atributos e podendo estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos, tais como o nome do dono, a localização, o valor venal, o valor do IPTU devido, etc. e que podem

ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas. Os atributos ficam armazenados num sistema gerenciador de banco de dados.

A Figura 2.2 mostra um exemplo de mapa cadastral da América do Sul, onde os países possuem atributos não-gráficos (PIB e população).

2.1.3 Redes

Em Geoprocessamento, o conceito de *rede* denota as informações associadas a:

- Serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone;
- Redes de drenagem (bacias hidrográficas); e
- Rodovias.

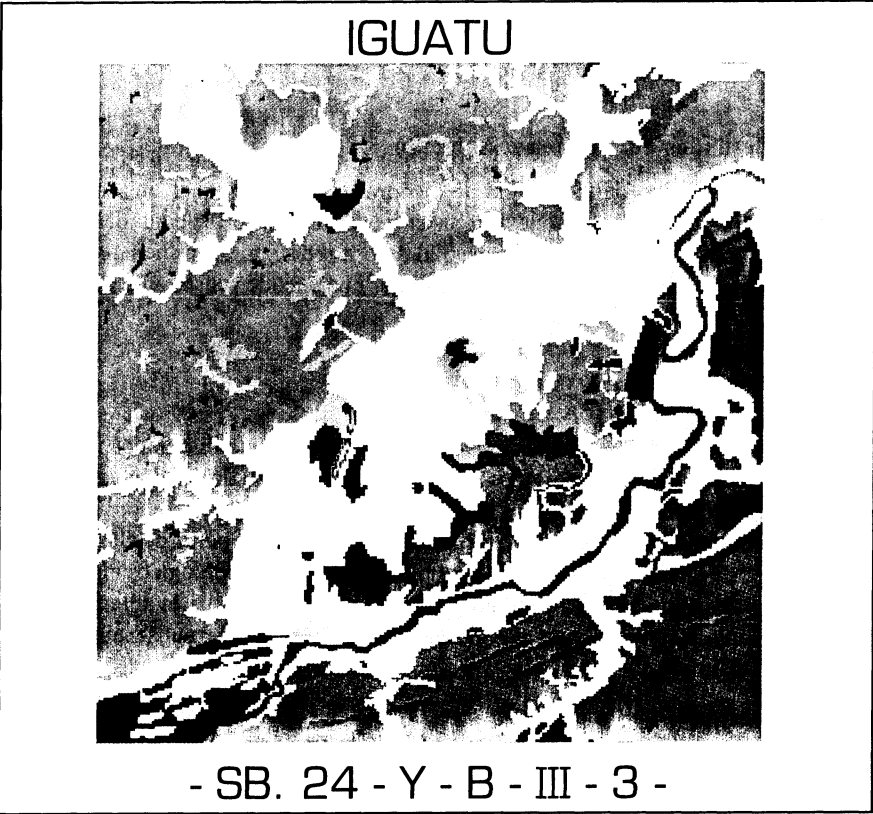


Figura 2.1 - Exemplo de mapa temático: mapa de reconhecimento dos solos da região de Inhamuns, Salgado, CE. (Obs.: Utilizado como exemplo, a legenda foi omitida).
Fonte: SUDEC (1980).

No caso de redes, cada objeto geográfico, tais como cabo telefônico, transformador de rede elétrica e cano de água, possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a certos atributos descritivos armazenados no banco de dados.

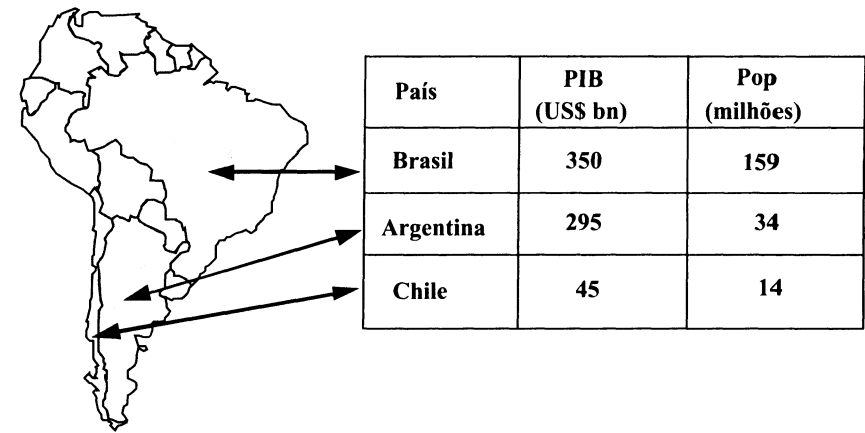


Figura 2.2 - Exemplo de mapa cadastral.

As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: os atributos de arcos incluem o sentido de fluxo e os atributos dos nós, sua impedância (custo de percorrimto). A topologia de redes constitui um grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas, como ilustra a Figura 2.3.

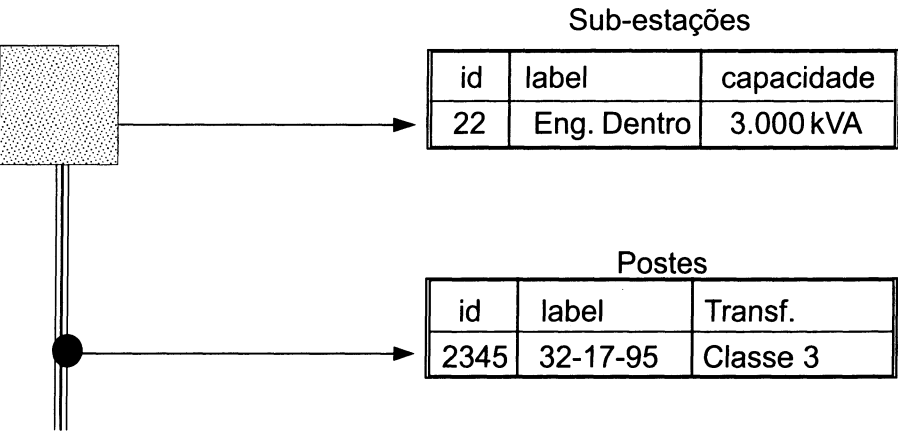


Figura 2.3 - Elementos de rede.

Como observou Goodchild (1992), uma rede é um sistema de endereçamento 1-D embutido no espaço 2-D. Para citar um exemplo, tome-se uma rede elétrica que tem, entre outros, os seguintes componentes: postes, transformadores, subestações, linhas de transmissão e chaves. As linhas de transmissão serão representadas topologicamente como arcos de um grafo orientado, estando as demais informações concentradas em seus nós. Note-se que os algoritmos de cálculo de propriedades da rede podem, em sua grande maioria, ser resolvidos apenas com a topologia da rede e de seus atributos.

As redes formam um capítulo à parte na tipologia de SIGs, pois, diferente dos outros tipos de dados, são resultado direto da intervenção humana sobre o meio-ambiente. Cada aplicação de rede tem características próprias e com alta dependência cultural (por exemplo, a largura das auto-estradas nos EUA é distinta das usadas em São Paulo).

A ligação com banco de dados é fundamental no caso de aplicações em redes. Como os dados espaciais têm formatos relativamente simples, a maior parte do trabalho consiste em realizar consultas ao banco de dados e apresentar os resultados de forma adequada. A área de redes é ainda um grande motivador para inovações em SIG, merecendo destaque a:

- continuidade espacial;
- segmentação dinâmica;
- linguagem de visualização; e
- capacidade de adaptação.

A continuidade espacial é necessária para aplicações com redes, onde se deseja gerar uma base cartográfica contínua a partir de informações dispersas em vários mapas. Usualmente, as redes elétrica, de telefonia e de água e esgoto estão interligadas em toda a malha urbana. Poucos sistemas conseguem armazená-las de forma contínua, dando origem a particionamentos que não refletem a realidade e que dificultam a realização de análises e simulações.

Outro aspecto necessário para aplicações de redes é a capacidade de definir diferentes cortes lógicos de uma rede sem ter de duplicar ou repetir a sua estrutura topológica. Por exemplo, ao se asfaltar parte de uma estrada de terra, será preciso atualizar esta informação sem ter que redigitalizar todas as coordenadas de localização da estrada. Esta capacidade, usualmente denotada por segmentação dinâmica, permite separar os diferentes níveis de informação relativos a uma mesma rede.

Como as características dos elementos da rede são armazenadas como atributos em bancos de dados, é necessário dispor de meios para visualizar esta informação. Para tanto, os SIGs devem dispor de linguagem de apresentação que permita controlar a simbologia associada aos componentes da rede, que varia conforme a escala de impressão dos mapas.

O pacote mínimo disponível nos sistemas comerciais consiste tipicamente de cálculo de caminho ótimo e crítico. Este pacote básico é insuficiente para a realização da maioria das aplicações, pois cada usuário tem necessidades distintas. No caso de um sistema telefônico, uma questão pode ser: “quais são todos os telefones servidos por uma dada caixa terminal?” Já para uma rede de água, pode-se perguntar: “Se injetarmos uma dada percentagem de cloro na caixa d’água de um bairro, qual a concentração final nas casas?”

Deste modo, um sistema de modelagem de redes só terá utilidade para o cliente depois de devidamente adaptado para as suas necessidades, o que pode levar vários anos. Isto impõe uma característica básica para esta aplicação: os sistemas devem ser versáteis e maleáveis.

2.1.4 Imagens

Obtidas por satélites, fotografias aéreas ou *scanners* aerotransportados, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem, denominado *pixel*, tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente. A Figura 2.4 mostra uma composição colorida falsa-cor, na qual as bandas 3, 4 e 5 do satélite Landsat/TM estão associadas, respectivamente, às cores azul, verde e vermelha.

Devido à natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos ficam contidos na imagem, fazendo-se necessário o uso das técnicas de fotointerpretação ou de classificação digital para individualizá-los. As principais características associadas às imagens de satélite são: o número e a largura de bandas do espectro eletromagnético imageadas (resolução espectral), a menor área da superfície terrestre observada instantaneamente por cada detector (resolução espacial), o nível de quantização registrado pelo sistema sensor (resolução radiométrica) e o intervalo entre duas passagens do satélite pelo mesmo ponto (resolução temporal). A Tabela 2.1 apresenta as características gerais dos principais satélites e respectivos sensores, disponíveis no Brasil.

2.1.5 Modelos numéricos de terreno

O termo modelo numérico de terreno (MNT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar informações relativas às unidades geológicas, como teor de minerais, ou propriedades do solo ou subsolo, como aeromagnetismo.

Entre os usos de modelos numéricos de terreno, pode-se citar (Burrough, 1986):

- Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- Cômputo de mapas de declividade e exposição para apoio a análises de geomorfologia e erodibilidade;
- Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas; e
- Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

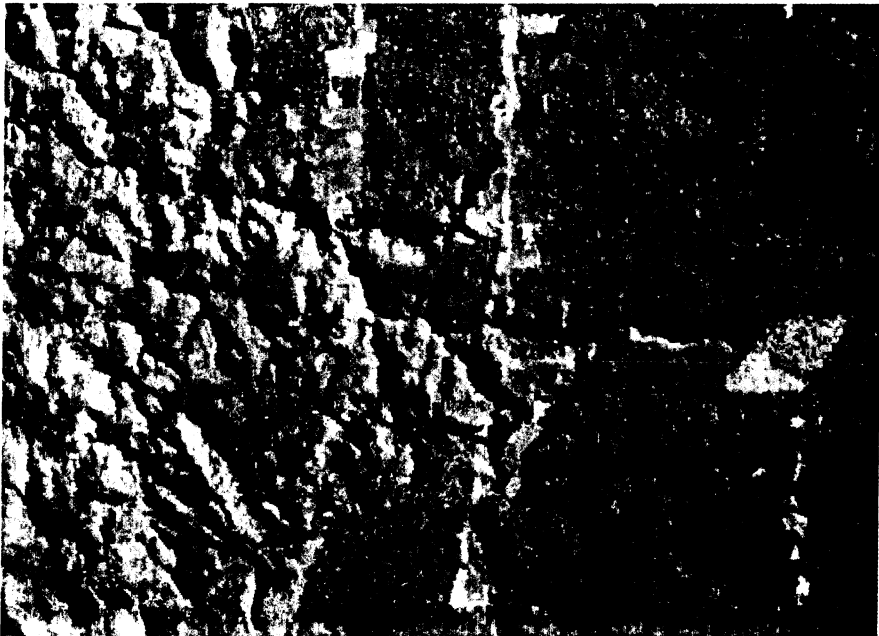


Figura 2.4 - Exemplo de imagem: composição colorida falsa-cor das bandas 3 (azul), 4 (verde) e 5 (vermelha) do satélite Landsat/TM.

Tabela 2.1 - Características dos dados de satélites recebidos no Brasil.

Satélite (Família)	Sensor	Resolução Espectral (µm)	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
Landsat	MSS	B1: 0.5-0.6 B2: 0.6-0.7 B3: 0.7-0.8 B4: 0.8-1.1	80 m	64 níveis (6 bits)	18 dias
	TM	TM1: 0.45-0.52 TM2: 0.52-0.60 TM3: 0.63-0.69 TM4: 0.76-0.90 TM5: 1.55-1.75 TM6: 10.4-12.5 TM7: 2.08-2.55	30 m 120 m(TM6)	256 níveis (8 bits)	16 dias
SPOT	XS	XS1: 0.50-0.59 XS2: 0.61-0.68 XS3: 0.79-0.89	20 m	256 níveis (8 bits)	26 dias
	PAN	PAN:0.51-0.70	10 m		
NOAA	AVHRR	B1: 0.58-0.68 B2: 0.73-1.10 B3: 3.55-3.93 B4: 10.30-11.30 B5: 11.50-12.50	1100 m	1024 níveis (10 bits)	6 horas
METEOSAT	VIRR	B1: 0.40-1.05	2500 m	256 níveis (8 bits)	30 minutos
	TIRR	B2: 10.5-12.5	5000 m		
ERS	SAR	5.7 cm	30 m	65536 níveis (16 bits)	32 dias

Um MNT pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície. Este conjunto de pontos é também denominado de amostras 3D. De acordo com Pettinati (1983), a criação do modelo matemático de uma superfície consiste no agrupamento de amostras (x,y,z) que descrevem a superfície real, de maneira que todo o conjunto simule de modo ideal o comportamento da superfície original.

2.2 Representações computacionais de mapas

Existem duas grandes classes de representações computacionais de mapas: vetoriais e matriciais. Na classe vetorial, a representação de um elemento ou objeto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível. Qualquer entidade ou elemento gráfico de um mapa é reduzido a três formas básicas: pontos, linhas e áreas ou polígonos.

A representação matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado. A cada célula, atribui-se um código referente ao atributo estudado, de tal forma que o computador saiba a que elemento ou objeto pertence determinada célula.

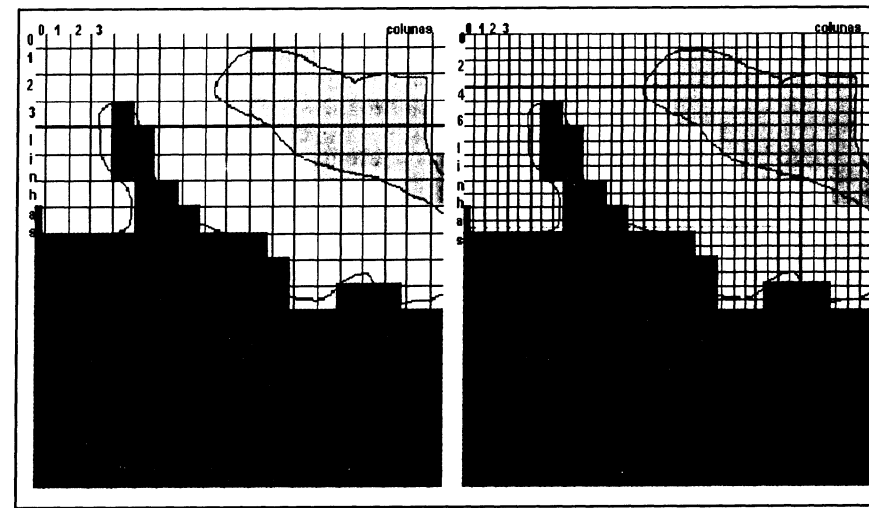
Vale ressaltar que as representações estão associadas aos tipos de dados anteriormente discutidos, a saber:

- Mapas temáticos: admitem tanto representação matricial quanto vetorial;
- Mapas cadastrais: sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia arco-nó-polígono e seus atributos não-gráficos guardados em um banco de dados;
- Redes: sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia arco-nó e seus atributos não gráficos guardados em um banco de dados;
- Imagens de sensoriamento remoto: armazenadas em representação matricial; e
- MNTs: podem ser armazenados em grades regulares (representação matricial), grades triangulares (representação vetorial com topologia arco-nó) ou isolinhas (representação vetorial sem topologia).

2.2.1 Representação matricial

Nesta representação, o espaço é representado como uma matriz $P(m, n)$ composta de m colunas e n linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas.

A representação matricial supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula é associada a uma porção do terreno. A resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno. A Figura 2.5 mostra um mesmo mapa representado por células de diferentes tamanhos (diferentes resoluções), representando diferentes áreas no terreno.



(a)

(b)

Figura 2.5 - Diferentes representações matriciais de um mapa.

Como a resolução do mapa **a** é quatro vezes menor que a resolução do mapa **b**, as avaliações de áreas e distâncias em **a** serão bem menos exatas que em **b**. Em contrapartida, o espaço de armazenamento necessário para o mapa **b** será quatro vezes maior que o necessário para o mapa **a**.

Os dados são codificados célula a célula, atribuindo a cada uma o código correspondente à classe referente ao fenômeno estudado. Para isto, é necessário estabelecer um critério a ser obedecido em toda a operação. Pode-se, por exemplo, atribuir a cada célula o código da classe sobre a qual estiver o centro da quadrícula. Outra possibilidade é a adoção do critério de maior ocorrência. Neste caso, o código corresponde ao da classe que ocupar a maior parte da célula.

2.2.2 Representação vetorial

No caso de representação vetorial, consideram-se três elementos gráficos: ponto, linha e área (ou polígono). Deve-se ressaltar uma vez mais a importância da topologia na concepção de um SIG. A topologia define as relações invariantes da rotação, translação e escala entre as entidades gráficas no mapa, como adjacência, proximidade e pertinência.

Os pontos, ou elementos pontuais, abrangem todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente posicionadas por um único par de coordenadas X e Y . Entretanto, além das coordenadas, outros dados não-espaciais (atributos) podem ser arquivados para indicar de que tipo de ponto se está tratando.

As linhas, arcos, ou elementos lineares são um conjunto de pontos conectados. Além das coordenadas dos pontos que compõem a linha, deve-se armazenar as informações que indiquem de que tipo de linha se está referindo, ou seja, a que atributo ela está associada.

As áreas ou polígonos são representados pela lista de linhas que a compõem.

2.2.3 Topologia arco-nó

A topologia arco-nó é a representação vetorial associada a uma rede linear conectada. Um nó pode ser definido como o ponto de intersecção entre duas ou mais linhas, correspondente ao ponto inicial ou final de cada linha. Nenhuma linha poderá estar desconectada das demais para que a topologia da rede possa ficar totalmente definida.

O conhecimento das relações topológicas entre as linhas pode ser de fundamental importância no caso de redes. Para exemplificar, considere-se a Figura 2.6, que mostra uma parte de uma rede de distribuição elétrica, com os seus diversos componentes (subestação, rede, poste, transformador, consumidor).

2.2.4 Topologia arco-nó-polígono

A topologia arco-nó-polígono é utilizada quando se quer representar elementos gráficos do tipo área. Seu objetivo é descrever as propriedades topológicas das áreas de tal maneira que os atributos não-espaciais associados aos elementos ou entidades poligonais possam ser manipulados da mesma forma que os correspondentes elementos em um mapa temático analógico. Neste caso, faz-se necessário o armazenamento das informações referentes aos elementos vizinhos, da mesma forma que na estrutura de redes devem ser definidas as ligações entre as linhas. A Figura 2.7 mostra de forma simplificada um exemplo desta estrutura topológica.

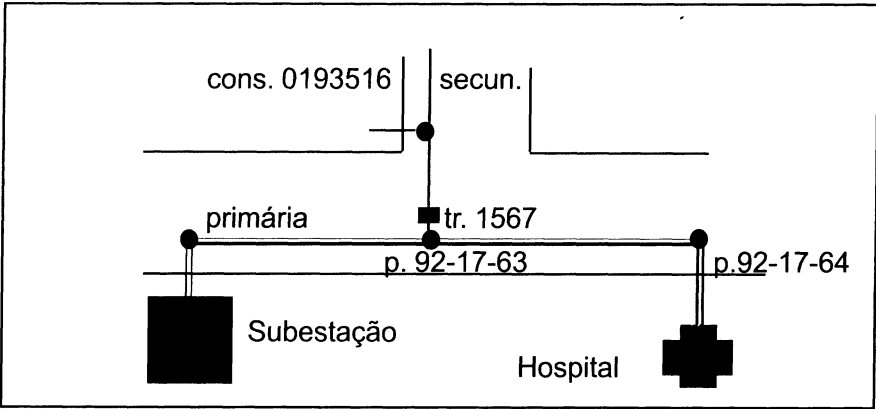


Figura 2.6 - Exemplo de topologia arco-nó (rede elétrica).

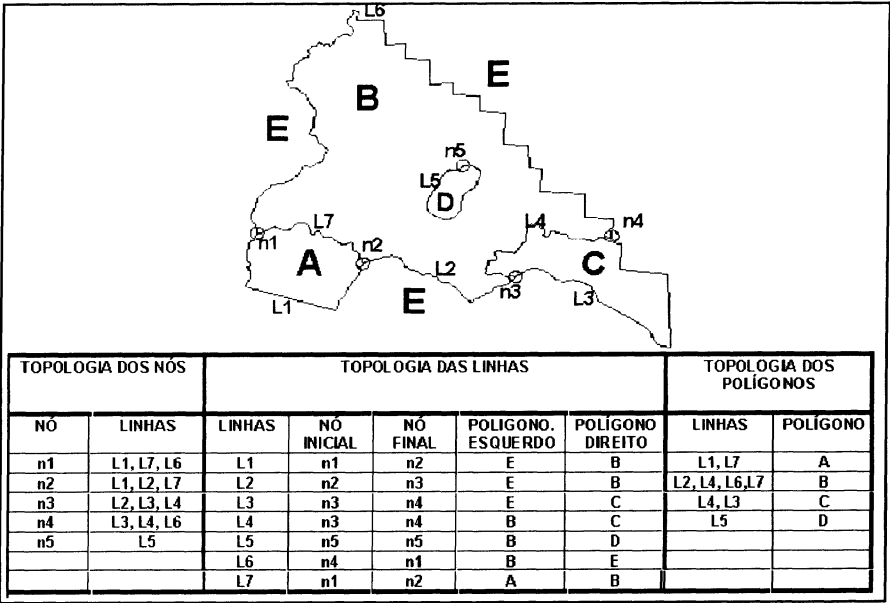


Figura 2.7 - Estrutura topológica do tipo arco-nó-polígono.

2.2.5 Comparação entre representações de mapas temáticos

Como os mapas temáticos admitem tanto a representação matricial quanto a vetorial, é relevante compará-las. Para a produção de cartas ou em operações onde se requer maior precisão, a representação vetorial é mais adequada. Por outro lado, as operações de álgebra de mapas são mais facilmente realizadas no formato matricial. No entanto, para um mesmo grau de precisão, o espaço de armazenamento requerido por uma representação matricial é substancialmente maior. Isso é ilustrado na Figura 2.8.

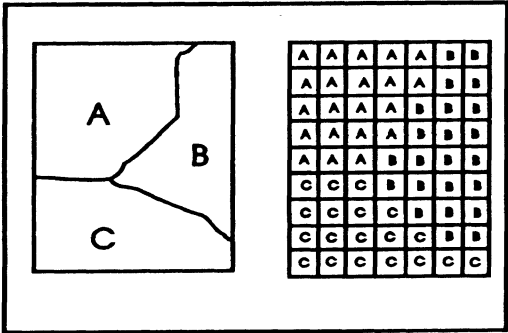


Figura 2.8 - Representação vetorial e matricial de um mapa temático.

A Tabela 2.2 apresenta uma comparação entre as vantagens e as desvantagens do armazenamento matricial e vetorial para mapas temáticos. Essa comparação leva em conta os seguintes aspectos: relacionamentos espaciais, análise e armazenamento. Nessa tabela, o formato mais vantajoso para cada caso é apresentado em destaque.

Tabela 2.2 - Comparação entre representações de mapas temáticos.

Aspecto	Representação Vetorial	Representação Matricial
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas às classes do mapa
Análise, simulação e modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço
	Álgebra de mapas é limitada	Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de trabalho	Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	Mais adequado para grandes escalas (1:25.000 e maiores)
Algoritmos	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido e eficiente
Armazenamento	Por coordenadas (mais eficiente)	Por matrizes

2.3 Representações de modelos numéricos de terreno

2.3.1 Grade regular

A grade regular é uma representação matricial onde cada elemento da matriz está associado a um valor numérico, como ilustra a Figura 2.9. Para a geração da grade, torna-se necessário estimar, através de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de elevação, considerando-se, para tanto, as medidas da vizinhança.

Os procedimentos de interpolação para geração de grades regulares a partir

de amostras variam de acordo com a grandeza medida. No caso de altimetria, é comum o uso de funções de ponderação por inverso do quadrado da distância. Já para variáveis geofísicas ou de natureza pedológica, procedimentos de filtragem bidimensional ou de geoestatística como a krigagem são utilizados.

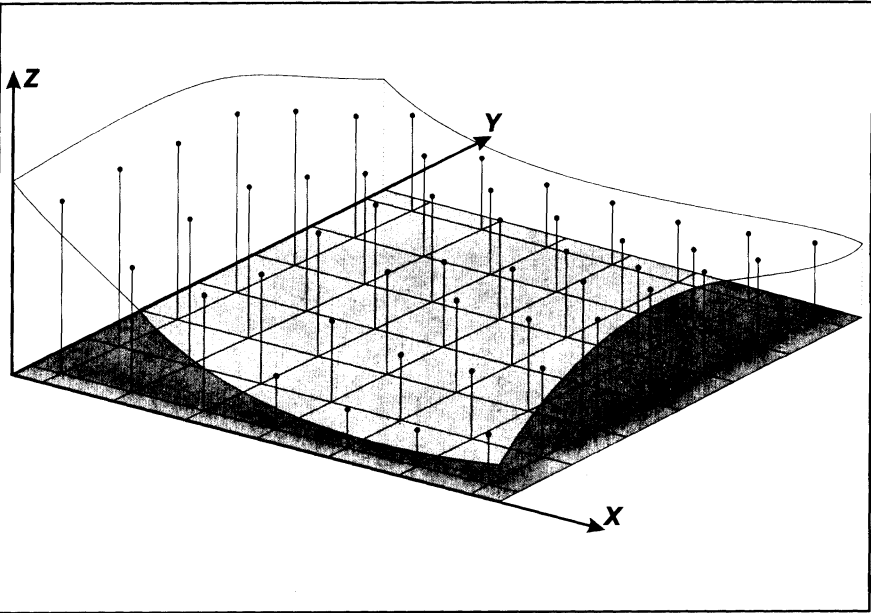


Figura 2.9 - Superfície e grade regular correspondente.
Fonte: Namikawa (1995).

2.3.2 Grade triangular

A grade triangular ou TIN (do inglês “Triangular Irregular Network”) é uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo nó-arco e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas de localização (x, y) e o atributo z, correspondente ao valor de elevação ou altitude. Em geral, nos SIGs que possuem pacotes para MNT, os algoritmos para geração da grade triangular baseiam-se na triangulação de Delaunay com restrição de região.

Quanto mais equiláteras forem as faces triangulares, maior a exatidão com que se descreve a superfície. O valor de elevação em qualquer ponto dentro da superfície pode ser estimado a partir das faces triangulares, utilizando-se interpoladores. A Figura 2.10 ilustra uma superfície tridimensional e a grade triangular correspondente.

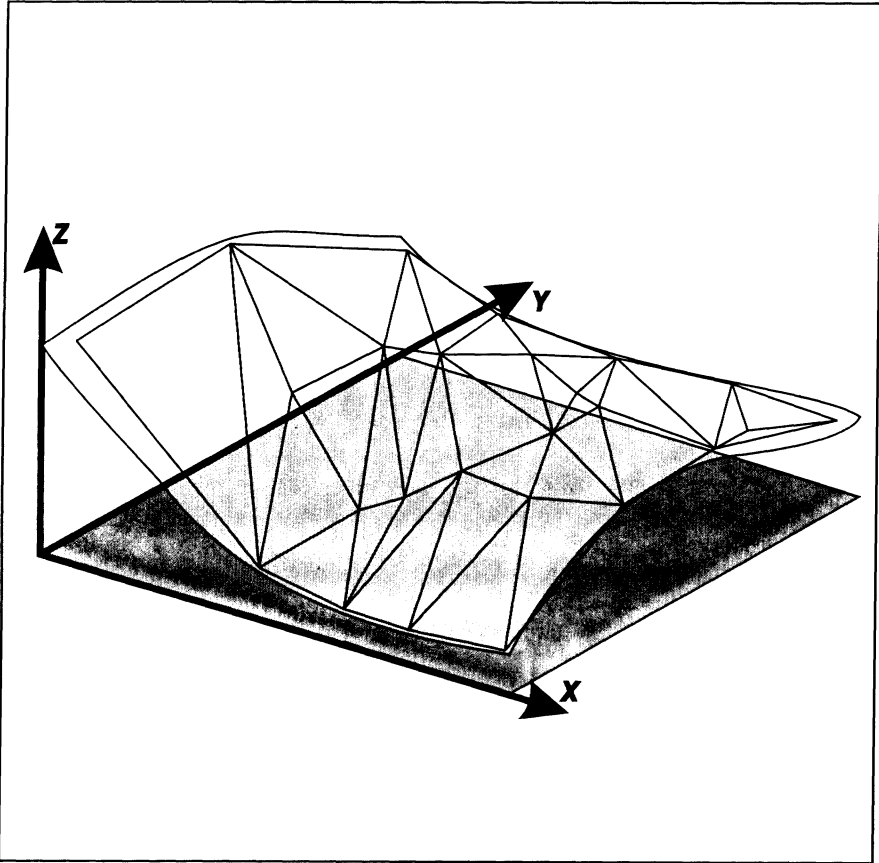


Figura 2.10 - Superfície e malha triangular correspondente.
Fonte: Namikawa (1995).

2.3.3 Comparação entre representações de MNT

As grades triangulares são normalmente melhores para representar a variação do terreno, pois capturam a complexidade do relevo sem a necessidade de grande quantidade de dados redundantes. As grades regulares têm grande redundância em terrenos uniformes e dificuldade de adaptação a relevos de natureza distinta no mesmo mapa, por causa da grade de amostragem fixa.

Para o caso de variáveis geofísicas e para operações como visualização 3D, as grades regulares são preferíveis, principalmente pela maior facilidade de manuseio computacional. A Tabela 2.3 resume as principais vantagens e desvantagens de grades regulares e triangulares.

Tabela 2.3 - Comparação entre grades regulares e triangulares para representar MNTs.

	Grade Triangular	Grade Regular
Vantagens	1. Melhor representação de relevo complexo 2. Incorporação de restrições como linhas de crista	1. Facilita manuseio e conversão 2. Adequada para geofísica e para visualização 3D
Problemas	1. Complexidade no manuseio 2. Inadequada para visualização 3D	1. Representação complexa do relevo 2. Cálculo de declividade

Os MNTs também podem ser convertidos para mapas temáticos e para imagens. Em ambos os casos, a grandeza numérica é quantizada, seja para um número pequeno de valores (caso de mapas temáticos) seja para a variação associada a imagens (valores discretos).

2.4 Representações computacionais de atributos não-espaciais

Entende-se por atributo não-espacial qualquer informação descritiva (nomes, números, tabelas e textos) relacionada a um único objeto, elemento, entidade gráfica ou um conjunto deles, os quais caracterizam um dado fenômeno geográfico. Inicialmente os SIGs armazenavam tanto as entidades gráficas quanto os atributos não-espaciais em sistemas próprios de arquivos internos. Permitiam ainda que os atributos não-espaciais fossem inseridos no sistema durante ou imediatamente após a entrada dos objetos ou entidades gráficas que representavam. Estes procedimentos eram problemáticos quando havia uma numerosa quantidade de atributos não-espaciais a serem relacionados com os objetos. Além disso, as ferramentas de busca, recuperação, manutenção e análise destes sistemas deixavam a desejar, quando comparadas aos tradicionais Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).

Um SGBD é um sistema de banco de dados que funciona independentemente do sistema aplicativo, armazenando os dados em arquivos no disco rígido e carregando-os em memória para sua manipulação. Este tipo de sistema tem assegurado três requisitos importantes na operação de dados: *integridade* - controle de acesso por vários usuários; *eficiência* - acesso e modificações de grande volume de dados, e *persistência* - manutenção de dados por longo tempo, independente dos aplicativos que dão acesso ao dado (Câmara, 1995).

Na prática, a organização de bancos de dados geográficos mais utilizada é a chamada *estratégia dual* (Câmara, 1995). Exemplos de sistemas comerciais baseados em estratégia dual são o Arc/Info (Morehouse, 1992), MGE (Intergraph, 1990) e o SPRING (Câmara et al., 1996).

2.5 Organização do ambiente de trabalho em SIG

Num SIG, existem duas grandes formas de organização de um ambiente de trabalho:

- Organização baseada num banco de dados geográficos (“à la dBASE”);
- Organização baseada em projetos (“à la AutoCAD”).

No primeiro caso, o usuário define inicialmente o esquema conceitual associado às entidades do banco de dados geográficos, indicando, para cada tipo de dados, os seus atributos não-espaciais e as representações geométricas associadas. Proceda-se da mesma forma que num banco de dados tradicional como o dBASE ou o ACCESS, onde a definição da estrutura do banco precede a entrada dos dados. O SPRING e o MGE são exemplos de sistemas organizados como bancos de dados geográficos.

No segundo caso, o usuário define inicialmente um referencial geográfico (que delimita uma região de trabalho) e a seguir, define as entidades geográficas que compõem o projeto. O Arc/Info, o SGI/Inpe e o IDRISI são exemplos desta classe de sistemas. Note-se que um banco de dados geográficos pode ser particionado em projetos, sendo que as definições do esquema conceitual valem para todos os projetos do banco, mesmo que não haja continuidade espacial entre estes projetos.

Um projeto é usualmente composto por um conjunto de níveis, camadas ou planos de informação (PIs), que variam em número, tipos de formatos e de temas, conforme as necessidades de cada tarefa ou estudo. Por exemplo, caso se desejasse fazer um estudo de uso do solo e os seus consequentes impactos ambientais, seria necessário a definição de um projeto composto de PIs associados aos seguintes temas: 1) rede de drenagem; 2) cidades, rodovias e ferrovias; 3) altimetria; 4) geomorfologia; 5) unidades e associações dos solos; 6) tipologia vegetal; e 7) tipos de uso e ocupação das terras. Os PIs 1, 2 e 3, quando superpostos, vão formar a cartografia básica da região de estudo ou mapa topográfico, como foi visto no Capítulo 1. Os PIs restantes são os mapas especiais ou temáticos necessários para atingir o objetivo proposto, isto é, cada PI representa uma mesma área mas com informações geográficas diferentes. Os PIs de um projeto podem pertencer a diferentes classes de dados relacionadas com os formatos de representação de dados disponíveis no SIG utilizado.

Essa organização da informação espacial é muito conveniente para permitir que diferentes variáveis sejam integradas ao banco de dados e que diferentes tipos de estudo possam ser realizados, combinando tão somente os fenômenos de interesse. Deste modo, pode-se dizer que o Geoprocessamento, ao organizar computacionalmente os dados geográficos, modifica qualitativamente o tipo de análise possível. No dizer de um dos pioneiros da área:

“Um SIG agrupa, unifica e integra a informação. Torna-a disponível, de uma forma que ninguém teve acesso anteriormente, e coloca a informação antiga num novo

contexto. Muitas vezes, permite unificar informações que estão dispersas ou organizadas de forma incompatível” (Dangermond, 1983).

2.6 Referências

BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Clarendon, 1986.

CÂMARA, G. *Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos*. São José dos Campos: Inpe, 1995. Tese de Doutorado.

CÂMARA, G.; FREITAS, U.M.; SOUZA, R.C.M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, v.15, n.6, 1996.

DANGERMOND, J. A classification of software components commonly used in geographic information systems. In: PEUQUET, D.J.; O'CALLAGHAN, J. eds. *Design and implementation of computer based geographic information systems*. Amherst New York: IGU Commission on Geographical Data Sensing and Data Processing, 1983.

GOODCHILD, M.F. Geographical data modeling. *Computer & Geosciences*, v.18, n.4, p.401-408, 1992.

INTERGRAPH. *MGE - The Modular GIS Environment*. (S.l.: s.n.), 1990.

MOREHOUSE, S. The Arc/Info geographical information system. *Computers & Geosciences*, v.18, n.4, p.435-443, 1992.

NAMIKAWA, L.M. *Um método de ajuste de superfície para grades triangulares considerando linhas características*. São José dos Campos: Inpe, 1995. Dissertação Mestrado.

PETTINATI, F. *Modelamento digital e representação gráfica de superfícies*. São Paulo: USP – Escola Politécnica, 1983. Dissertação Mestrado.

SUDEC. *Levantamento de reconhecimento semidetalhado dos solos da região dos Inhamuns-Salgado*. Parte I, Fortaleza, 1980.