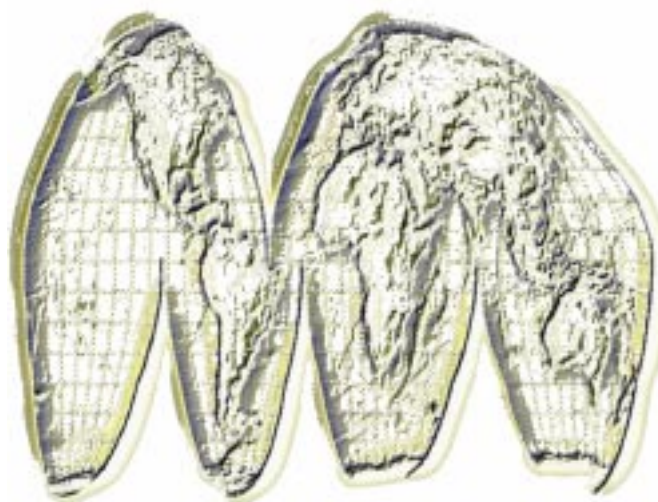


# ***CARTOGRAFIA ASSISTIDA POR COMPUTADOR - conceitos e métodos***



## ***CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO***

BRITALDO SILVEIRA SOARES FILHO  
[britaldo@csr.ufmg.br](mailto:britaldo@csr.ufmg.br)



***Departamento de Cartografia  
Centro de Sensoriamento  
Remoto***



**UFMG**

**2000**

## SUMÁRIO

	pg.
<b>1. Introdução e Histórico</b>	<b>2</b>
<b>2. Conceituação</b>	<b>3</b>
<b>3. Funções básicas</b>	<b>4</b>
<b>4. Vantagens e desvantagens de um sistema de Cartografia Digital</b>	<b>5</b>
<b>5. Preparação e geração de mapas por Cartografia Digital</b>	<b>6</b>
<b>6. Estrutura de dados em Cartografia Digital</b>	<b>7</b>
<b>7. Conversão dos dados cartográficos para o meio digital</b>	<b>9</b>
<b>8. Estruturação da base de dados</b>	<b>10</b>
<b>9. Parâmetros para a digitalização</b>	<b>11</b>
<b>10. Cartografia Digital x Cartografia Automática</b>	<b>13</b>
<b>11. Representação final dos dados</b>	<b>13</b>
<b>12. Qualidade de dados e fontes de erros na Cartografia</b>	<b>16</b>
<b>13. Referências Bibliográficas</b>	<b>19</b>

## 1) Introdução e Histórico

A arte da Cartografia é conhecida desde os primórdios da história da humanidade. Os primeiros registros de mapas estão representados por tábuas de argila encontradas na Mesopotâmia em 2500 B. C. (Thrower, 1972). A história da Cartografia praticamente acompanhou o desenvolver da humanidade. Os principais eventos que colaboraram com o progresso das ciências cartográficas estão representados pelo famoso ensaio geográfico de Cladius Ptolomeu, escrito no século II A.C., descrevendo a forma esférica da Terra e como esta poderia ser representada por mapas planos; a invenção da imprensa no século XV; os estudos de projeções cartográficas elaboradas por Gerhardus Mercator em meados do século XVI e posteriormente, o desenvolvimento das técnicas de offset, litografia e fotografia obtido no final do século XIX (Monmonier, 1982). Não se deve também deixar de considerar que sem o melhoramento das técnicas de levantamento, tais como a fotogrametria, o sensoriamento remoto e a geodésia, não existiriam mapas tão precisos e que representassem grandes extensões da Terra.

Portanto, a coleta de dados sobre a distribuição espacial de propriedades da superfície e subsuperfície terrestres sempre foi uma preocupação de sociedades organizadas. Esses dados de natureza espacial ou geográfica são coletados para diferentes fins e a sua representação é realizada por meio de documentos cartográficos. Originalmente, os mapas foram usados para descrever lugares remotos e para o auxílio à navegação e práticas militares. Com o avanço dos estudos científicos sobre a Terra, cada vez mais novas áreas de conhecimento utilizaram-se de técnicas cartográficas. Hoje, estudos ambientais, tais como Geologia, Ecologia, Geomorfologia, Geografia, Agronomia e Climatologia, fornecem uma incrível diversidade de temas a serem cartografados, como no exemplo de rios, habitats naturais, redes de infra-estrutura, formações geológicas, jazidas minerais, solos, vegetações, populações e unidades de relevo.

Dentro de uma visão histórica da Cartografia, podem-se vislumbrar várias fases. Segundo Burrough (1991), os primeiros levantamentos cartográficos consistiram basicamente na observação, classificação e mapeamento temático qualitativo. Descrições quantitativas foram restritas devido à falta desse tipo de observação, ausência de ferramentas matemáticas que tratassem especialmente os dados e decorrente da falta de um recurso apropriado que permitisse a representação de grandes volumes de dados quantitativos. Dados geoquantitativos são usualmente representados por mapas de isovalores obtidos pelo traçado de isolinhas ou linhas de contorno. Por conseguinte, para cada tipo de dado é necessária a confecção de uma folha cartográfica, o que leva, em muitos casos, a geração de uma grande coleção de cartas, dificultando desse modo uma visão integrada das diferentes variáveis explicativas do modelo de ocorrência de um fenômeno ou ente espacial. Ainda, uma outra restrição imposta por este tipo de representação referia-se à dificuldade de atualização de dados de natureza dinâmica, como no exemplo de cartas climáticas, que necessitam ser alteradas diariamente, o que se torna impraticável de se fazer manualmente.

Durante as décadas de 60 e 70, novas tendências surgiram na maneira de se lidar com os dados cartográficos. Projetos de inventários ambientais e de levantamentos de recursos naturais, que começavam a ser realizados em todo o Globo, tinham como objetivo entender a interação dos diversos aspectos da Terra. Este fato resultou em abordagens integradas e multidisciplinares, posto que esses estudos levam em conta que os diversos fenômenos na Terra não funcionam independentemente, devendo ser por conseguinte analisados de um modo integrado. Esses estudos sinérgicos resultaram em gigantescas massas de dados coletadas pelas diversas técnicas disponíveis, como nos exemplos de levantamentos de campo, métodos geofísicos e imagens multiespectrais produzidas pelo Sensoriamento Remoto Orbital.

O sucesso ou alcance desses projetos integrados tornou-se, então, uma questão de capacitar os especialistas para análise, integração e interpretação dessa multiplicidade de dados, que freqüentemente se apresentam em diversas naturezas, formatos e escalas.

A resolução da questão formulada acima, de certa forma, começou a ser viabilizada através do desenvolvimento e aplicação de ferramentas computacionais voltadas à manipulação de informações geográficas. Da experiência da análise de transparências em uma mesa de luz, surgiram os primeiros programas de análise de dados cartográficos ou espaciais (Burrough, 1991). Em exemplo, o SYMAP, abreviação de *Synagraphic Mapping System*, programa elaborado por Fisher em 1963, que utilizava uma estrutura de dados em grade (Burrough, 1991). A partir de 1970, a Cartografia Computadorizada experimentou um *boom* decorrente dos avanços dos programas de computação gráfica, aumento da performance dos *hardwares* e conseqüente queda de seus preços.

Essas grandes inovações tecnológicas e científicas têm levado a uma revisão do conceito tradicional da Cartografia, definido pela *International Cartographic Association* como "a arte, ciência e tecnologia de elaboração de mapas em conjunto com o seu estudo como documentos científicos e trabalhos de arte" (ICA,1973).

Desse modo, um grupo de estudo, proposto pela mesma ICA, sugeriu que a Cartografia passasse a ser definida como "a organização e comunicação de informações geograficamente relacionadas em forma gráfica ou digital, incluindo todos os estágios de aquisição de dados, apresentação e uso" (Taylor, 1991).

Board (1989) propôs que o mapa passasse a ser visto como um instrumento holístico e de abstração intelectual de uma realidade geográfica, podendo a sua representação ser visual, digital ou tátil. Ainda, Taylor (1991) sugere que a Cartografia seja vista como a organização, apresentação, comunicação e utilização de geo-informação em forma gráfica, digital ou tátil.

Durante esta ocasião, este último autor comentou que "em um futuro próximo, o mapa será visto como um instrumento de multimídia eletrônica, com apresentação simultânea de textos, dados numéricos, gráficos, imagens e sons", ou seja, o mapa como um instrumento de organização de dados, que possibilite o usuário navegar através do conhecimento. Isto hoje já é uma realidade, pois podem ser encontrados na Internet diversos *sites* de provedores de mapas "inteligentes", ou seja mapas que incorporam ou que estão ligados à objetos de multimídia através de sua representação espacial (vide exemplos em <http://plasma.nationalgeographic.com/mapmachine>, [www.csr.ufmg.br](http://www.csr.ufmg.br), [www.mapsonus.com](http://www.mapsonus.com), <http://maps.esri.com/>).

## 2) Conceituação

A Cartografia Digital ou Cartografia Assistida por Computador deve ser vista não apenas como um processo de automação de métodos manuais, mas sim como um meio para se buscar ou explorar novas maneiras de lidar com dados espaciais (Taylor, 1991).

Um sistema de Cartografia Digital (CD) pode ser compreendido como um conjunto de ferramentas, incluindo programas e equipamentos, orientado para a conversão para o meio digital, armazenamento e visualização de dados espaciais. Um sistema de Cartografia Digital tem como ênfase a produção final de mapas.

A Cartografia Digital pode ser vista como uma parte de um Sistema de Informações Geográficas – SIG (Blatchford e Rhind, 1989, in Taylor, 1991), tendo em mente que os mapas são o centro para todos os SIGs (Fig. 1). Uma outra visão é que um SiG representa uma superestrutura de um Sistema de Cartografia Assistida por Computador(Stefanovic et al., in Taylor, 1991).

Todos os SIGs têm componentes de CD, mas nem todos os sistemas de CD têm componentes de um SIG, posto que os SIGs envolvem muito mais que a elaboração de mapas digitais, mas verdadeiramente a habilidade de analisar dados com referência espacial (Taylor, 1991).

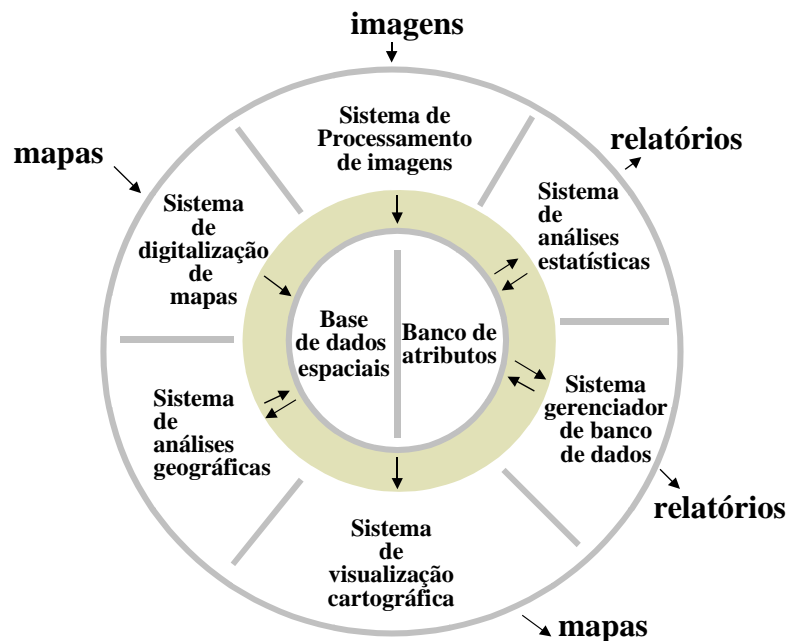


Fig. 1 – Esquema ilustrativo da composição de um Sistema de Informação Geográfica e seus componentes, incluindo a Cartografia Digital.

Fonte: Eastman (1992).

### 3) Funções Básicas

Um sistema de CD pode ser visto como um CAD especializado (*Computer Aided Design*), muito embora os CADs tenham sido desenvolvidos, predominantemente por engenheiros e arquitetos, para lidar com plantas e desenhos.

Portanto, um sistema de CD deve ser capaz de manipular elementos na forma de ponto, linha, áreas em conjunto com os seu rótulos. Alguns elementos gráficos manipulados pelo sistema são: Linhas, polilinhas, polígonos fechados, formas complexas, elipses, círculos, arcos e textos (MGE-PC, 1992).

Algumas funções desejadas para um sistema de CD são:

- Entrada de dados, edição e manipulação.
- Operações básicas de desenho.
- Visualização de diagramas.
- Visualização de feições pontuais e lineares.
- Programa de hachuramento de áreas
- Programa de desenho de contorno ou isolinhas
- Suporte para projeções cartográficas, incluindo transformações de coordenadas e medidas de distâncias entre dois pontos, considerando a curvatura da Terra.
- Apresentação de cartogramas variados.
- Facilidade para cópias em papel.
- Cálculo de área e perímetro.
- Ferramentas de limpeza, generalização de linhas e redução da complexidade de uma linha ou limite de áreas (Figs. 2 e 3).

- Posicionamento preciso de feições através de entrada de coordenadas pelo teclado.
- Posicionamento de elementos em níveis lógicos (noção de camadas ou planos de informação ou layers).
- Associação de atributos aos elementos cartográficos.
- Manipulação de objetos gráficos, no qual pontos, linhas e áreas podem ser combinados para representar um único fenômeno ou ente espacial.
- Definição e representação de estilo, peso e cor de um elemento gráfico.
- Facilidade para copiar, rotacionar, transladar espelhar, ampliar e reduzir.
- Elaboração de grade de coordenadas.
- Biblioteca de símbolo

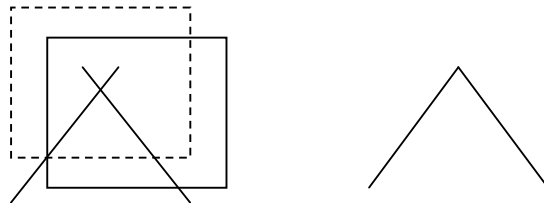


Fig. 2 – Exemplo de ferramenta de correção de junção de linhas.  
Fonte: MGE-PC (1992).

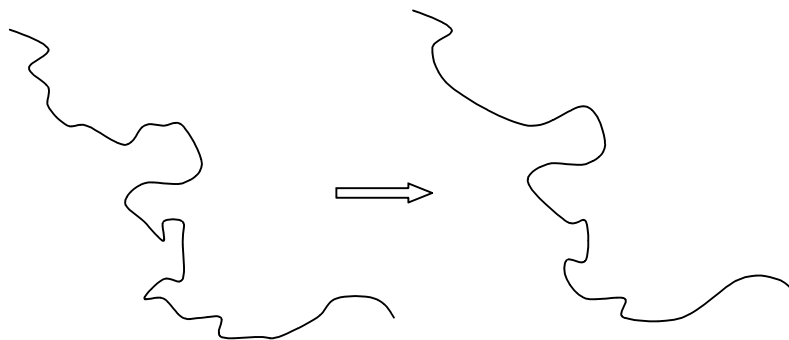


Fig. 3 – Exemplo de ferramenta de redução da complexidade de linhas, pela remoção de vértices.  
Fonte: MGE-PC (1992).

#### 4) Vantagens e desvantagens de um sistema de CD

Segundo Monmonier (1982), a Cartografia Digital não deve ser encarada apenas como um simples elo entre a cartografia tradicional e um sofisticado processo de controle de equipamentos, mas sim como uma mudança de processos e conceitos, os quais permitirão a utilização dos mapas como um melhor instrumento de pesquisa, ensino e comunicação de informações, aumentando assim, conseqüentemente, o valor de suas informações para tomada de decisões.

Como vantagens desse método podemos citar:

- Possibilidade de ressimbolização e fácil alteração
- Experimentação de novas técnicas de visualização, novas projeções cartográficas e diferentes testes de representação.
- Aumento da produtividade.
- Ampliar a divulgação e o uso da informação geográfica pela novas mídias digitais, sobretudo a Internet.
- Emprego de algoritmos de generalização permite criar mapas de síntese regional
- Possibilidade de avaliação dos resultados a priori da impressão.

- Emprego em um SIG.
- Revisão continuada da base de dados.
- Maior quantidade de informação pode ser representada.
- Derivação de outros temas a partir do processamento dos mapas digitais.
- Criar mapas que são difíceis de se realizar por métodos convencionais.
- Automação de rotinas repetitivas e criação de bibliotecas de símbolos

Também como toda nova tecnologia, existem desafios e mesmo desvantagens que devem ser superadas, a citar:

- Escassez de mão de obra treinada
- Exige pessoal mais qualificado
- Mudança na rotina de trabalho, implicando em um investimento em treinamento e adaptação, o que requer um tempo de maturação até que este novo método seja plenamente adotado.
- Maior investimento inicial, que pode ser superado com a maior produtividade
- aprendizado continuado, posto que consiste em uma tecnologia em constante avanço.
- Geração de mapas de baixa qualidade, pois com os computadores muitos se aventuram em produzir mapas sem que tenham um conhecimento mínimo necessário de cartografia.

### 5) Preparação e geração de mapas assistidos pelo computador

O projeto de um mapa inclui todos os processos de sua criação, envolvendo a abstração do mundo real e codificação das feições geográficas a serem representadas no mapa. O espaço disponível no mapa em papel impõe um limite na seleção dos objetos e no grau de abstração permitido.

São considerados ainda como restrição à representação os limites gráficos impostos pelo meio de reprodução e a necessidade de estética e clareza na apresentação da informação (Barbara et al., in Taylor, 1991). Segundo estes autores, o processo do projeto cartográfico pode ser decomposto em três componentes interrelacionados: generalização, simbolização e produção (vide Fig. 4).

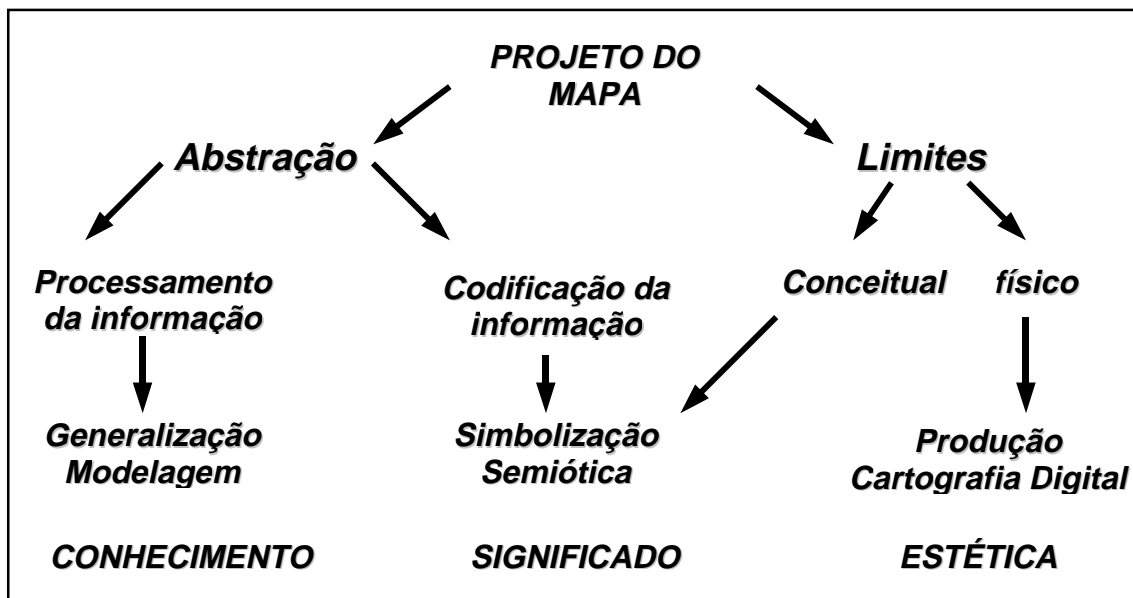


Fig. 4 – Esquema do projeto de um mapa.

Fonte: Barbara et al., in Taylor (1991).

Com efeito, a produção de um mapa por CD envolve várias fases, meios e metodologias que devem ser especificados em função dos recursos disponíveis, da quantidade de produtos gerados,

da estruturação da base de dados e do tipo de dado propriamente dito (Delou et al., 1993). Por conseguinte, pode-se esquematizá-la nas seguintes fases:

1. Seleção e preparo dos originais, envolvendo quando necessário simplificação e generalização dos dados.
2. Estruturação da base de dados e simbolização, como definição da legenda e sua tradução gráfica.
3. Conversão dos dados para o meio digital
4. Edição gráfica, que implica na construção da topologia (quando for necessário) e colocação da simbolização escolhida mais os elementos de texto.
5. Preparo e obtenção das reproduções gráficas.

#### 6) Estrutura de dados em Cartografia Digital

A cartografia digital tem uma visão do mundo real discriminada na forma de camadas, na qual cada camada representa um aspecto da realidade (Burrough, 1991), vide Fig. 5.

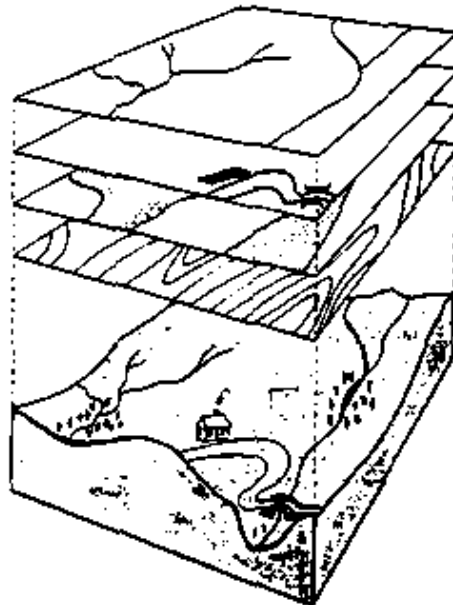


Fig. 5 - O conceito de camadas ou *overlay* do mundo real  
Fonte: Burrough (1991)

Portanto, as feições do mundo real de carácter geográfico - conhecidas por isso como feições geográficas -, para fins de representação na Cartografia Digital, são individualizadas e armazenadas separadamente em níveis lógicos. De acordo, a sua natureza espacial, elas serão ainda implantadas através de três modos distintos, a saber: pontual, linear e zonal (Fig. 6). Portanto, serão estes elementos em conjunto com seus atributos (componente não espacial da informação geográfica) que deverão ser traduzidos ou codificados para uma estrutura de dados usada pela Cartografia Digital.

O mapa digital consiste em uma base de dados computacional finita e discreta, tornando-se necessário converter a realidade geográfica complexa em número finito de registros de acordo com um modelo de estrutura de dados (Goodchild, 1993). Quanto aos modelos de estrutura de



dados, os dois tipos básicos equivalem à representação raster ou matricial e a representação vetorial (Fig. 7 a e b.).

A representação vetorial representa um conjunto georreferenciado de coordenadas que descrevem a localização do objeto no espaço geográfico. Ou seja, um elemento único e distinto pode ser representado por um conjunto de dados geométricos em um mapa (coordenadas e informação topológica) e pelos seus atributos descritivos, os quais são informações referente às propriedades não espaciais. Esta representação vetorial consiste então em uma coleção de segmentos de linhas que identificam os limites de pontos, linhas e áreas (Fig. 7a).

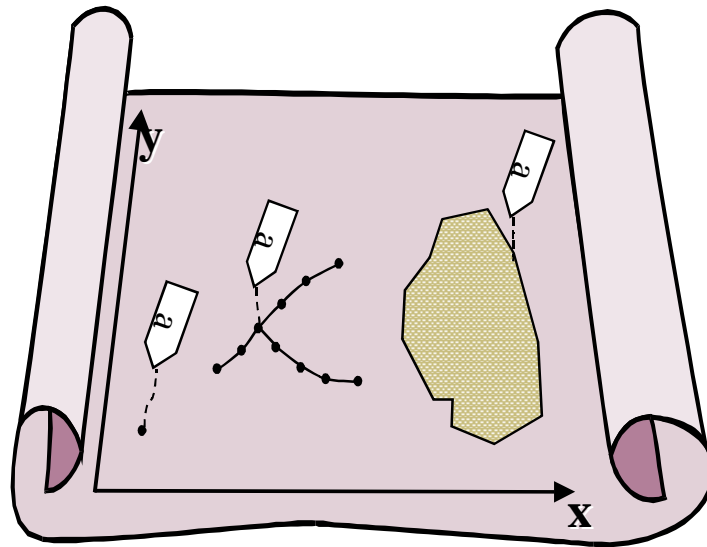


Fig. 6 - Os três modos de implantação da informação geográfica, em conjunto com seus atributos ou rótulos.

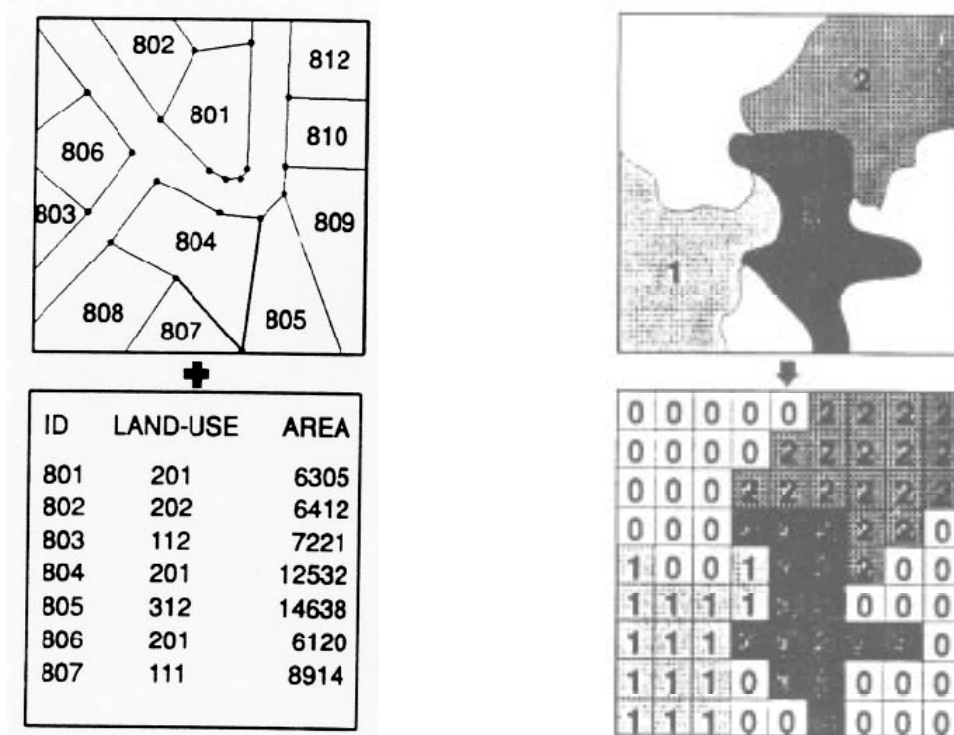


Fig. 7 - Mapa representado vetorialmente a) e usando a representação *raster* ou matricial b).

Já, na abordagem *raster*, a informação espacial é traduzida por um arranjo matricial bidimensional, onde cada célula corresponde a uma unidade elementar do espaço geográfico, recebendo um rótulo ou valor. As células possuem uma dimensão específica e cada uma representa uma localização singular. Conjuntos de células de igual valor ou atributo representam a expressão no plano cartográfico de feições pontuais, lineares ou de áreas (Fig. 7b).

Em suma, a representação raster ou matricial pode ser considerada como uma representação explícita, posto que nesta um conjunto de células deve ser sempre explicitado para se definir a localização, forma e área de uma entidade geográfica, enquanto que a vetorial armazena informações apenas sobre os vértices dos limites externos de um objeto, implicando na sua forma e área interior.

## 7) Conversão dos dados cartográficos para o meio digital

A conversão dos dados cartográficos para o meio digital (também conhecida como geocodificação) pode ser obtida por meio de dois processos distintos, mas visam chegar ao mesmo resultado: A digitalização por varredura eletrônica seguida de vetorização e a digitalização manual.

O primeiro processo envolve a digitalização por varredura eletrônica do mapa por meio de equipamento imageador do tipo escaner, uma etapa de edição raster da imagem capturada, um processo de conversão raster-vetor, que pode ser automático ou interativo, e por último, uma edição vetorial para associação de atributos e ou colocação de rótulos e para a correção de erros e complementação das deficiências do processo de vetorização.

O segundo processo consiste em desenhar o mapa manualmente por meio de uma mesa digitalizadora, a qual é um equipamento eletrônico ou eletromagnético, na forma de uma mesa composta de uma fina grade ortogonal de fios elétricos. As coordenadas dos pontos na superfície da mesa são enviadas ao computador por meio de um cursores magnético, que é levado a deslizar sobre a feição a ser digitalizada (Fig. 8).

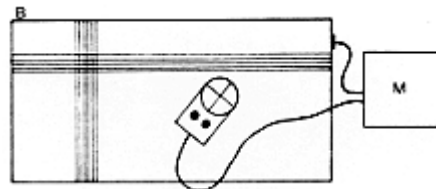


Fig. 8 - Modelo de mesa digitalizadora

Fonte: Burrough (1991)

O emprego de um processo ou de outro vai depender do tipo de compromisso adotado e da qualidade e complexidade dos mapas a serem digitalizados. O processo de vetorização implica em processamentos mais complexos, equipamentos mais sofisticados e por conseguinte maior custo de investimento, que pode ser abatido em função de uma maior produção e menor tempo necessário para a geocodificação, especialmente quando se refere à dados mais complexos, como no exemplo de mapas topográficos com inúmeras curvas de nível. Por último, este método é mais indicado por ter maior precisão, posto que o traçado da linha é feito por traçadores lógicos, necessitando o operador apenas tomar decisões quando as linhas são interceptadas. No entanto, este método requer originais de melhor qualidade, de preferência separados em mapolitos (fotolito contendo somente uma feição geográfica).

Já o processo de digitalização manual é sugerido quando os dados são mais simples e os originais representam desenhos de baixa qualidade gráfica, como no exemplo de borrões e rascunhos de campo, posto que qualquer dado espúrio irá confundir os rastreadores da

vetorização. Deve-se atentar ao fato que o maior esforço neste caso ficará por conta do processo de edição e simbolização, os quais sucedem a ambos os métodos de geocodificação.

### 8) Estruturação da base de dados

Usando da noção de camadas ou *overlay*, as feições discriminadas para serem geocodificadas podem ser ainda agrupadas em categorias ou conjuntos naturais para fins de estruturação dos dados cartográficos. Por exemplo, pode-se armazenar os elementos de fundo de mapa em um arquivo digital separado de nome “Base” e os elementos temáticos em um arquivo “tema”. Isto permite uma maior flexibilidade no manuseio dos dados, como também otimiza o processo operacional de entrada de dados.

As feições geográficas, muitas vezes simplificadas, como no exemplo da rede de drenagem, são então estruturadas em níveis lógicos, sendo especificada sua simbolização: estilo de traço, cor, espessura, associação com símbolos previamente criados para hachuramento de áreas, ou representação de linhas e pontos. São também definidos os comandos de digitalização e edição, este último para o caso de poligonização. Para elementos de texto são definidos o tipo de fonte e o seus tamanhos horizontal e vertical, em conjunto com o espaçamento e justificação das linhas (Fig. 9)

BASE		NÍVEL	COR	PESO/ESTILO/FONTE
texting	texto interior	1	0	idades - TX=0,2-FT=32 DIAMANTINA - TX=0,2-FT=32 Desativada - TX=0,15-FT=32 Vila Barão de Guacuí BR e MG » tx = 0.15 Fazenda Fábrica
nomes	nome dos rios	2	7	TX=0,20-FT=23. rio de margem dupla » JEQUITINHONHA-Rib.Pinheiro -Cor.Dantas
estradas	rede viária	3	3	asfalto → WT=2-LC=0 terra → WT=0-LC=3
estrferro	estrada de ferro	4	6	WT=0-LC=0
cidade	idades	5	21	mancha urbana WT=0-LC=0 IMBLE 1
símbolos	símbolos cartográficos	6	160	Pontes Federal IMBLE 2 emblemas { estadual IMBLE 1
hidro	rede hidrográfica	7	1	WT=0-LC=0
serra	nome de serras	8	40	TX=0,20-FT=32 → serra minúsculo pontos cotados → X minúsculo→0,1-FT=32 cota→0,15-FT=32 SERRAS MAIORES TX= 0.25 FT=32, intercharacter_spacing -0.05 line spacing - 0.1
region	nomes regionais	9	40	nomes regionais Tx = 0.2, ft=32, de fazendas e aeropostos tx= 0.18 e seus símbolos

Fig. 9 - Planilha com definições para digitalização das feições geográficas.

A definição dos níveis lógicos, da simbolização e dos comandos associados de digitalização é definida a priori para um arquivo *semente* - um arquivo contendo os ajustes, mas sem dados -, o qual é usado para a criação de outros arquivos de desenho cartográfico.

O arquivo *semente* também conterá as especificações dos parâmetros de digitalização, da projeção cartográfica, das unidades de trabalho e da resolução cartográfica.

Após as definições necessárias, inicia-se o processo de digitalização e edição gráfica dos elementos cartográficos, obedecendo uma seqüência estabelecida em função da prioridade da

informação e da mobilidade do elemento gráfico. Desse modo, garante-se a não superposição de símbolos em conjunto com uma maior clareza de representação.

### 9) Parâmetros para a digitalização

Como mencionado anteriormente, para fins de representação, os dados geográficos podem ser implantados graficamente de três modos: ponto, linha e área e seus rótulos (Fig. 10).

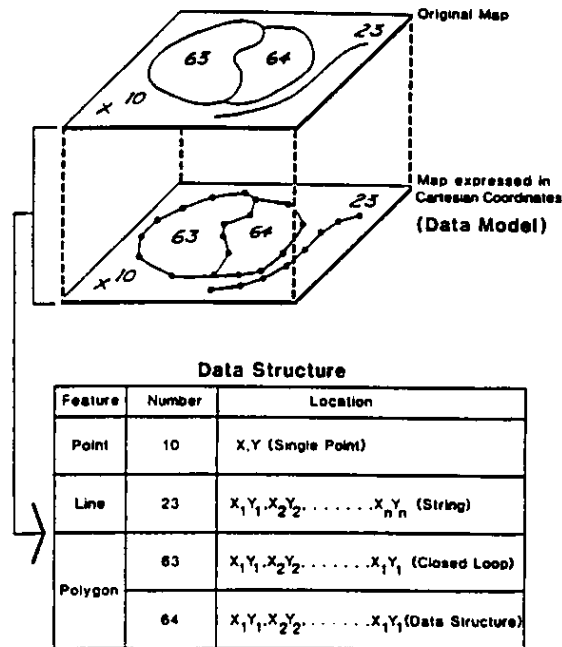


Fig. 10 – Modelo “espaguete” de dados cartográficos digitais.

Fonte: Pequet, in Taylor (1991).

Um ente pontual pode ser qualquer feição cartográfica, que é posicionado por um simples par de coordenadas  $x,y$ . Além desse componente geográfico, outros dados também podem ser armazenados para indicar sua categoria, rótulo ou o valor que ele assume naquele local. O ponto é sempre materializado por um símbolo, que é posicionado em um tamanho e orientação específicos. O dado pontual pode ser também representado por um texto com a definição da fonte, estilo, escala e orientação.

Um ente linear representa todas as feições lineares, que são construídas por segmentos de retas, cada um composto por dois pares de coordenadas. O tipo mais simples requer o armazenamento de uma cadeia de pontos, mais um registro indicando o símbolo a ser usado, espessura e estilo: sólido, tracejado, etc. Quanto mais pontos, ou mais curtos os segmentos de retas, mais a cadeia de pontos vai se aproximar de uma curva complexa, no entanto isto também significa mais dados armazenados (Fig. 11).

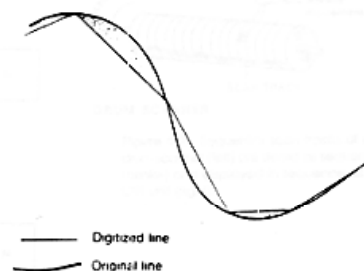


Fig.11 – Processo de amostragem na digitalização de uma curva

Fonte: Burrough (1991)



Um outro parâmetro a ser estabelecido, a priori da digitalização, refere-se à resolução do arquivo digital. Esta resolução é definida através de uma relação entre as unidades de posicionamento interno do programa e as do mundo real. Por exemplo, um programa que use 4 bytes  $2^{32}$  para armazenar uma coordenada, pode representar o equivalente a 4294967296 unidades de posicionamento, as quais são transformadas para unidades do mundo real através de um fator de multiplicação, que equivale à resolução do arquivo.

Um método para se estabelecer a resolução cartográfica a ser usada no arquivo digital leva em conta o valor da exatidão cartográfica, em função da escala do mapa. Por exemplo, um mapa na escala 1: 10 000, deverá apresentar uma exatidão de 2,5 metros, sendo portanto recomendável a utilização de uma resolução de um metro. A área total a ser cartografada vai corresponder a uma extensão de  $4 \times 10^{13} \text{ km}^2$ . Isto significa que quanto maior é a resolução, menor é a área a ser representada.

### **10) Cartografia Digital x Cartografia Automática**

Embora o termo cartografia automatizada tenha sido empregado com frequência para designar o conjunto de técnicas envolvido na cartografia assistida por computador. Deve-se enfatizar que boa parte do processo de conversão dos dados cartográficos requer uma grande participação de trabalho manual ou interação com o usuário, quer seja na digitalização via mesa ou na edição após o processo de vetorização.

No entanto, como já foi dito, a cartografia digital possibilita a introdução de técnicas de automação de desenhos. Processos e rotinas repetitivos podem ser realizados de modo automático, quer seja por programação ou no exemplo da criação de uma biblioteca de símbolos.

A colocação da simbologia pode ser feita automatizada, por programa que leia a partir de um relatório ou planilha, contendo as fichas de campo com os dados a serem lançados no mapa. Isto é feito em muitos casos, gerando como saída uma linguagem macro, que aciona uma seqüência de comandos de desenho no software de CD (Fig. 14).

Parte de desenhos, que se repetem em uma seqüência de mapas, podem se também implementadas por programação. Em exemplo, o desenho do quadro interno dos mapas, da grade e da rede de coordenadas. Ainda o título e a legenda comum a uma coleção de mapas precisam apenas se desenhados uma só vez. Eles são posicionados na origem do plano de coordenadas, sendo então copiados, movidos e rotacionados para se ajustarem em torno de cada carta.

### **11) Representação final dos dados**

Sem dúvida, o principal resultado de um sistema de CD é a representação final do mapa em meio gráfico. A técnica de impressão de mapas consiste em converter os arquivos gráficos em um arquivo de impressão, em formato próprio, seja vetorial ou raster.

A impressão ou *plotagem* vetorial consiste no mapeamento das cores e das espessuras dos elementos gráficos para um conjunto de canetas do equipamento ou plotter. Nesta etapa, definem-se o comprimento dos estilos dos traços, escala de impressão, tamanho do papel, velocidade de impressão e força das canetas, prioridade de desenho dos elementos gráficos e frequência de amostragem das linhas em função da resolução do equipamento de impressão.

Como linguagem de impressão em modo vetorial, têm-se como mais conhecidas a POSTSCRIPT, HPGL e HPGL2. A linguagem HPGL é a mais simples, consistindo em seu modo mais primitivo numa sequência de comandos PA – Plot absolute, PR – Plot relative, SP – select pen e PU – pen up e PD – pen down (Fig. 15). Já, a linguagem HPGL2 corresponde a uma versão binária da HPGL que contém algumas extensões inclusive permitindo suportar elementos raster (Kay e Levine, 1992). Por último, a POSTSCRIPT é usada amplamente, sobretudo nos birôs de plotagem eletrônica.

FQLNIN	↘	↔	ESTRIN
FQLNVE	↗	↔	ESTRHO
FQLNHO	+	↔	MULLIN
BANDIN	↘	↔	MULLHO
BANDVE	↗	↔	ETEPFA
BANDHO	+	↓	EDBANT
FQLNHO	↗	↗	CAIMEX
FQLMIN	↘	↓	EDBSIN
FQLNVE	↗	↓	EDAANT
CLIRIN	┌	↪	EDASIN
CLIRVE	└	↪	ESAINV
CLIRHO	┼	↓	MONOCL
ACAMIN	└	↘	FALHIN
ACAMVE	┐	↗	FALHVE
ACAMHO	⊕	↘	ZONCIS
ACAMIV	┐	↗	ZONCI
LNMNIN	↔	↗	NOYHOR
LNMNHO	↔	↘	NINA

Fig. 14 - Exemplo de uma biblioteca de símbolos usada para a confecção de mapas geológicos.

```

□. (;□.@1024;1:;IN;SC;PS0;IW521,355,15720,9914;SP1;VS;PA1668,8689
PDP64,-59,95,-90,192,-149,159,-90,95,-90,0,-89,0,-60,0,-60,0,-89,0,-
60,32,-60,0,-60,0,-89,0,-60,0,-60,0,-59,0,-90,0,-90,32,-119,0,-
120,64,-89,64,-60,95,-30,446,-30,192,0,159,-60,159,-119,191,-60,128,-
30,64,-29,31,0,96,-30,191,-30,574,
0,637,0,127,0,96,0,96,0,159,0,159,0,96,0,64,-30,63,-30,32,-60,64,-
89,64,-120,32,-119,63,-90,64,-119,64,-60,127,-30,0,-
30,32,0,64,0,159,0,159,0,447,0,191,0,95,0,96,0,64,0,63,0,64,0,96,0,127
,-60,96,-59,127,-120,96,-60,95,-119,64,-149,96,-150,95,-89,1020,-
60,191,30,191,0,160,0,127,0,127,0,64,0,128,-60,95,-90,96,-89,95,-
120,32,-89,32,-150,32,-119,32,-90,32,-119,63,-90,64,-60,64,-59,64,-
30,63,-60,96,-60,96,-30,63,-30,64,-29,127,0,160,-30,95,0PR64,-
30,32,0,32,0,32,0PU$PPU0,0;□.)

```

Fig. 15 - Código HPGL de plotagem de uma linha. O desenho inicia-se a medida que a caneta é abaixada através do comando PD (pen down) e termina com o comando PU (pen up). Observe que plotagem é relativa a partir das coordenadas PA1668,8689.

Já a impressão a raster está cada vez mais utilizada devido a popularização das impressoras matriciais a jato de tinta, sendo também utilizada para a geração de fotolitos, usando-se a separação de cores Ciano, Magenta, Amarelo e Preto, para impressão offset.

Em um processo de rasterização, busca-se a definição da prioridade de visualização dos elementos gráficos, preenchimento de áreas com cores ou texturas, associação de texturas lineares ou estilo de linhas e a definição de uma resolução, ou tamanho do pixel da imagem resultante. Uma resolução indicada para imagens de dados cartográficos consiste no mínimo 300 a 400 dpi, ou de 0.08 mm a 0.05 mm. Isto implica em rasters com um grande número de linhas e colunas.

A partir da imagem raster, pode-se obter uma separação de cores para ser usada em um processo de quadricromia (quatro cores), o que dispensa o uso de inúmeros fotolitos de impressão, como era utilizado pela cartografia convencional. Uma parte crucial neste processo consiste na conversão da representação usando as cores primárias RGB (Vermelho, verde e azul) para as secundárias Ciano, Magenta, Amarelo e Preto. Muito embora, o método de rasterização permita uma visualização prévia do resultado da impressão na tela, deve-se considerar que as cores vistas na tela podem variar significativamente dependendo do tipo de separação de cores, técnica de impressão e papel utilizado.

Por último, o método de rasterização é indicado também como uma técnica avançada de visualização, permitindo a fusão de outros dados com os elementos cartográficos, e ainda a geração de hologramas, anáglifos e outras formas mais (Vide exemplo na Fig. 16).

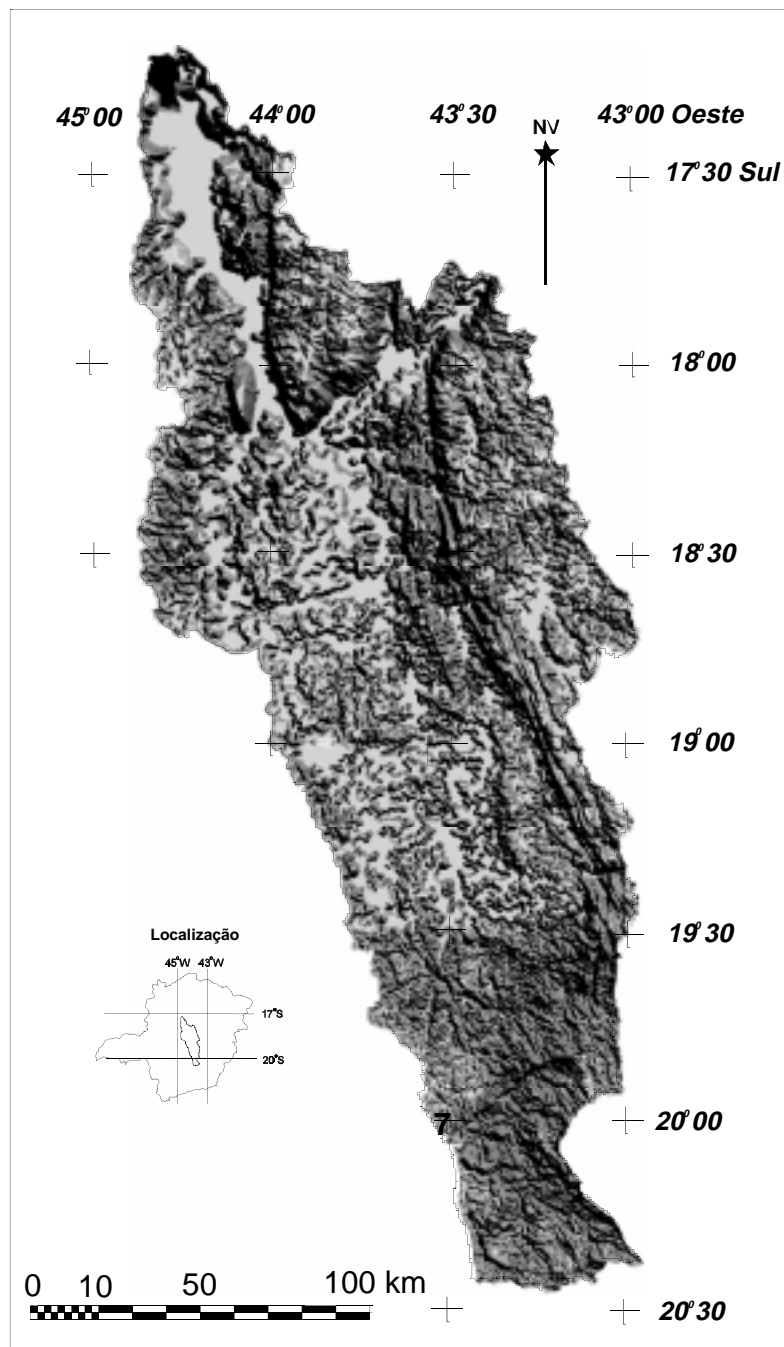


Fig. 16 – Mapa de relevo sombreado obtido do modelo digital de terreno da Bacia do Rio das Velhas.



## 12) Qualidade de dados e fontes de erros na Cartografia

Uma base cartográfica digital é bastante onerosa, posto que envolve pessoal qualificado, sistemas de software e hardware e sobretudo a coleta e a conversão de dados. Portanto, deve-se sempre atentar aos possíveis componentes de erros presentes em um processo de montagem de uma base cartográfica, para com isso poder sempre avaliar a sua qualidade.

Como fontes, mais óbvias de erros, citam-se a idade dos dados, observando que nem todos os dados podem ter sido coletados no mesmo período; a cobertura e coleta heterogênea dos dados; diferentes escalas, que resultam em distintos graus de generalização e exatidão cartográfica; a questão da factualidade x interpretação; a relevância dos dados para o propósito específico; erros devido a estrutura de representação digital. Também, ressaltam-se os erros devido à exatidão temática (classificação errônea) e quanto à exatidão cartográfica (quanto à localização da informação geográfica). Atente-se para os diferentes conceitos de exatidão ou acurácia – grau de aproximação com o dado real – para o de precisão – grau de dispersão estatística (Fig. 17 e 18).



Fig. 17 - Diferença entre os conceitos de precisão (a) e exatidão (b).

ESCALA CARTOGRÁFICA	RMS (m)
<b>1:1000</b>	<b>0.25</b>
<b>1:2000</b>	<b>0.50</b>
<b>1:5000</b>	<b>1.25</b>
<b>1:10 000</b>	<b>2.50</b>
<b>1:20 000</b>	<b>5.00</b>

Fig. 18 - Tabela de exatidão cartográfica em função da escala

Quanto às outras fontes de erro, são citadas as seguintes:

- A relação entre o tamanho da palavra do computador com a extensão e precisão digital.
- Precisão da rasterização em função do tamanho da célula (Fig. 19).

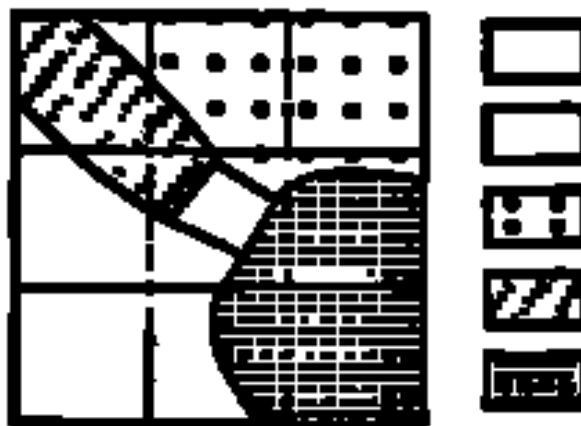


Fig. 19 - Erros de representação raster em função de uma resolução espacial grosseira.

- Erros topológicos devido à topologia mal construída ou gerados por processamento erroneamente formulado (Fig. 20).

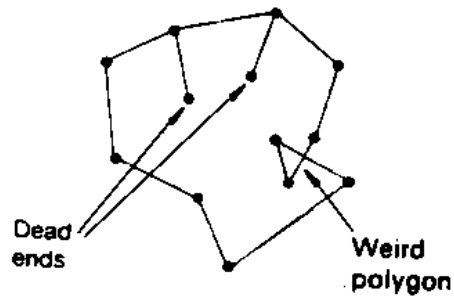


Fig. 20 - Polígono com terminações bizarras.

- Diferentes graus de generalização, em função das escalas. Cada mapa em uma certa escala terá um determinado grau de detalhamento e conseqüentemente uma distinta exatidão cartográfica (vide Fig. 21).

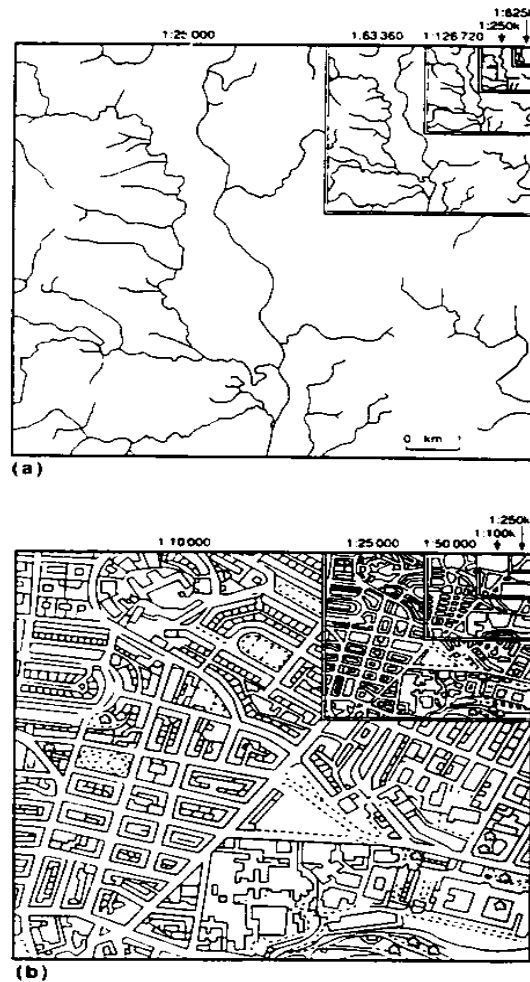


Fig. 21 - Diferentes graus de generalização em função da escala cartográfica.

- Diferentes propósitos para que o mapa foi realizado (Fig. 22).

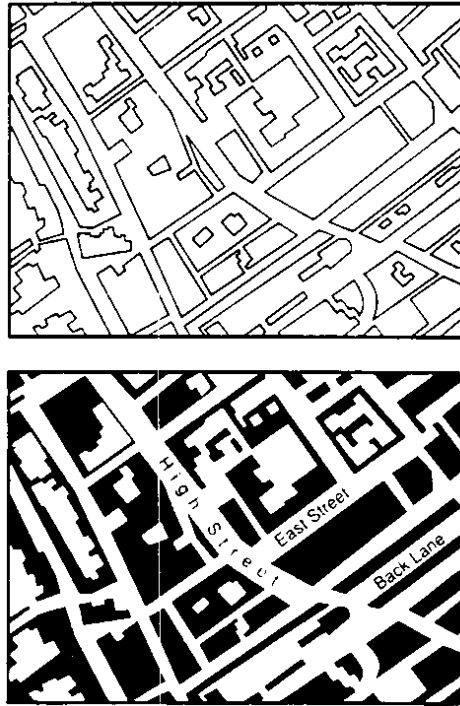


Fig. 22 - Ruas aparecem exageradas para melhor colocação da toponímia.

- Erros de borda e junção de mapas (Fig. 23).

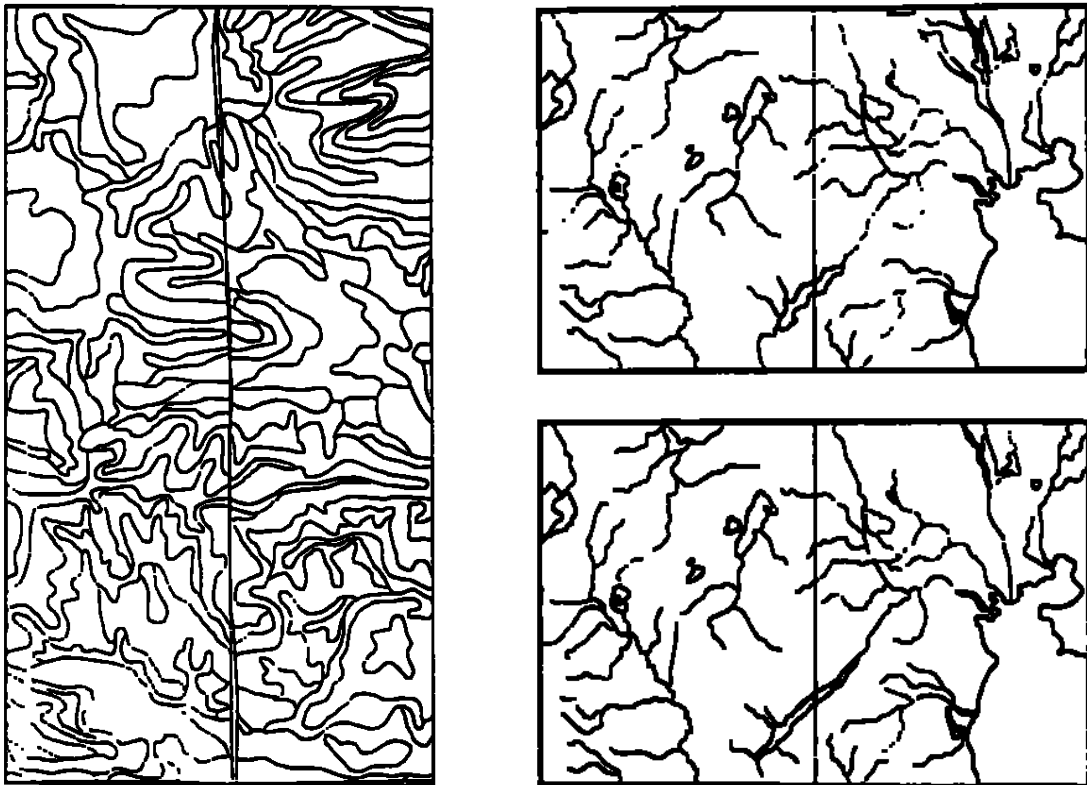


Fig. 23 - Mapas que não casam as bordas.

### **13) Referências Bibliográficas**

BOARD, C. Report to ICA Executive Committee for the period 1987-1989, Working Group on cartographic definitions, Budapest, 1989.

BURROUGH, P. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment Oxford, Great Britain, Oxford university Press, 1991, 194 p.

DELOU, A. L. de A et al. Sistema de aquisição automática de dados. In: Anais do XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, SBC, V.3, 1993 pp. 510-515.

EASTMAN, J. R. IDRISI version 4.0 User's guide. Worcester, USA Clark University, 1992.

ICA. Multilingual dictionary of technical terms in Cartography, Steiner Weiga Den, 1973.

KAY, D.C.; LEVINE, J.R. Graphic file formats. Windcrest/MacGraw-Hill, 1992, 278 p.

MGE-PC-1, Reference guide. Huntsville, USA. Intergraph Corporation, 1992.

Microstation PC, version 4.0. User's guide. Huntsville, USA. Intergraph Corporation, 1991.

MONMONIER, M.S. Computer-Assisted Cartography; Principles and prospect. 1 ed. New Jersey. Prentice Hall Inc. 1982. 214 p.

TAYLOR, D. R. F. Geographical Information Systems: The microcomputer and modern cartography. Oxford, England, Pergamon Press, 1991, 251 p.

TEXEIRA, L. M; AUGUSTO et al. Geração automática de originais cartográficos. In: Anais do XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, RJ, SBC, V. 3, 1993, pp: 516-522.

TRHOWER, J.W. Maps and Man: An Examination of cartography in relation to culture and civilization, Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc, 1972.