

SISTEMA DE INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS

M. J. QEM CRTG Claudionor Tusco
Diretoria de Serviço Geográfico

Sumário

Este trabalho descreve, sucintamente, as funções de um Sistema de Informações Geográficas, situa o Sistema de Informações Cartográficas (SIC) no contexto da Cartografia apoiada por Computador, apresenta os módulos básicos de um SIC, descreve estruturas de dados que podem ser adotadas e, configura, esquematicamente, uma base de dados.

1. Descrição Geral

A busca incessante da representação correta do planeta tem início na pré-história. Embora, na época, o homem não tivesse alcançado a fase da escrita, já procurava materializar seu "habitat" através de croquis elaborados por processos expeditos. Nos dias atuais, busca-se, além da representação que melhor retrate as feições terrestres, processos que agilizem a confecção de documentos cartográficos, que permitam sua atualização, num curto espaço de tempo, e que possibilitem o *cruzamento de informações*, gerando documentos temáticos que sirvam de suporte à decisão.

Na década de 60, surgem os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que, genericamente, são sistemas projetados para coletar, armazenar, manipular, recuperar e exibir dados vinculados a uma determinada posição geográfica.¹

Um SIG dispõe de dois tipos distintos de dados:

- *gráficos*, que constituem a entidade geométrica, materializada por pontos, linhas e áreas;
- *não-gráficos*, que descrevem quantitativa e/ou qualitativamente a entidade geométrica.

Um SIG geralmente realiza as funções de *Aquisição, Atualização, Manipulação de dados e Exibição de Resultados*.²

A aquisição consiste na coleta de dados provenientes de diversas fontes, tais como fotografias aéreas, ortofotos, outras imagens sensoriais, levantamentos topográficos, mapas, cartas, relatórios estatísticos e outras informações, por intermédio de restituidores, ortoprojetores, digitalizadores, fitas magnéticas e entrada de dados via teclado.

A função de atualização efetua a inserção, a remoção ou a modificação dos dados coletados em estruturas integradas, que dão origem a uma *base de dados*.

A manipulação de dados efetua a análise dos mesmos,

extraíndo informações que são relacionadas, a fim de gerar novas informações que atendam as diversas visões externas permitidas pelo sistema.

A função de exibição refere-se, principalmente, à representação dos resultados dos dados manipulados e poderá ser, exclusivamente, constituída por dados não gráficos. Poderá ocorrer, inclusive, que o SIG seja implementado sem as saídas gráficas, como foi o caso do CGIS (Canada Geographic Information System).¹

Deduz-se, portanto, que SIG está mais voltado para a manipulação de dados, buscando a interação entre vários campos do conhecimento humano, tais como Sociologia, Economia, Agricultura, Recursos Naturais, Geopolítica, dentre outros. Estes dados estarão sempre referenciados a uma determinada posição da superfície terrestre.

Um Sistema de Cartografia Automatizada (SCA) é constituído pela automatização das operações das diversas fases de construção de um documento cartográfico. Deve-se ressaltar que o SCA é abrangente e envolve a aquisição automatizada de todos os dados que irão gerar as informações cartográficas que, por sua vez, deverão ser exibidas, automaticamente.

A automatização da cartografia vem ocorrendo em todas as fases de elaboração dos documentos cartográficos, desde a coleta de informações, no campo, até a impressão final dos documentos. A modernização dos equipamentos, no tocante à substituição de componentes ótico-mecânicos por componentes eletrônicos, fez com que os resultados apresentados deixassem de ser observações ou representações analógicas, para constituírem informações digitais, alterando, significativamente, os processos da Engenharia Cartográfica, com a criação de novos conceitos como Planos de Informação, Imagem Digital, Restituição Numérica, Caderneta Eletrônica de dados, Distância Eletrônica e outros, dando origem à *Cartografia Digital*.

A Cartografia Digital veio viabilizar a automatização dos processos de confecção de documentos cartográficos, permitindo que uma região não só possa ser, rapidamente, mapeada como também ter seus dados atualizados, face às modificações a que a superfície terrestre está sujeita. Porém, o simples processamento eletrônico de dados não é suficiente para atender as exigências impostas pela Cartografia Digital. Há necessidade de periféricos específicos na aquisição e saída dos dados, a fim de atender a *conversão analógico-digital* e vice-versa.

A representação gráfica dos dados cartográficos digitais é realizada através da computação gráfica, constituindo a Cartografia Apoiada por Computador que, quando aliada as técnicas dos Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, passa a ser denominada, genericamente, de Sistema de Informações Cartográficas. O SIC pode ser considerado como um subconjunto de um SIG. Seu enfoque principal reside em confeccionar os documentos cartográficos por processos automatizados. Para tanto, deverá dispor de métodos eficientes de armazenamento e recuperação de informações, dentro de um ambiente de processamento eletrônico de dados, a fim de definir, adequadamente, as feições terrestres, de forma que os documentos exibidos retratem a superfície física e tenham boa visualização e disposição das informações.

2. Módulos de um SIC

Os módulos de um SIC devem estar direcionados para atender seu principal objetivo, ou seja, a confecção de documentos cartográficos através de processos automatizados. Assim sendo, a função de exibição de resultados assume o escopo do SIC e, em consequência, as outras funções deverão atendê-la.

Um SIC, geralmente, é constituído pelos módulos *Carga, Processamento e Edição*.

O módulo de carga deverá realizar as funções de aquisição e atualização. É especificado e implementado em função de *onde e como* os dados serão coletados. Desta maneira, este módulo poderá apresentar várias versões, mas seus dados deverão estar dispostos em *estruturas* adequadas e consistentes, fazendo com que as fontes e os equipamentos que derem origem à base de dados fiquem *transparentes* para os demais módulos.

A carga do sistema poderá ser efetuada por intermédio de digitalizadores, restituidores, ortoprojetores, sensores remotos e levantamentos terrestres.³

Os digitalizadores permitem que se proceda transformação analógico-digital das feições constantes de cartas, mapas, fotografias aéreas ou outros documentos cartográficos.

A restituição numérica fornece, diretamente, as coordenadas dos pontos que discretizam o objeto. Isto pode ser realizado a medida que modelo fotogramétrico é restituído.

Os perfis do terreno, levantados por ocasião da construção da ortofoto, possibilitam o traçado de curvas de nível e/ou a geração de modelos digitais de elevação.⁹ A própria ortofoto poderá ser utilizada na aquisição de dados por intermédio de sua varredura em tubo laser.³

As imagens de sensores remotos, instalados em satélites artificiais, poderão fornecer, após o processamento, informações digitais do terreno.

As coordenadas de pontos, obtidas por levantamento terrestre, também poderão fazer parte da base de dados de um SIC. Sua inclusão, na base, poderá ser efetuada por digitação ou pela leitura de fitas magnéticas de que alguns equipamentos eletrônicos de Topografia dispõem.

O módulo de processamento tem por objetivo gerenciar as solicitações feitas ao sistema, através de uma linguagem de con-

sulta dedicada⁴, e dispor as respostas, a serem exibidas, de maneira que os periféricos possam editá-las por intermédio de seus "drivers".

O módulo de edição deverá estar incumbido de proceder às saídas gráficas e alfanuméricas nos periféricos que estejam conectados ao SIC.

Evidentemente, a disposição dos módulos dependerá da configuração do sistema. Poderá ocorrer que os módulos estejam encapsulados sob um único bloco, compondo o que se denomina de "pacote", ou então, tenham sido desenvolvidos pelos próprios fabricantes dos equipamentos, podendo estar, fisicamente, conectados. Neste caso, os equipamentos são chamados de "turn-key".³

3. Estruturas de Dados

O sucesso de qualquer sistema de informação está intimamente ligado à escolha adequada das estruturas de seus dados.

Dado é a representação de uma informação em um determinado sistema notacional. *Informação*, por sua vez, é qualquer forma de conhecimento, ou mensagem, que pode ser utilizada para tornar possível ou aprimorar uma decisão ou ação.^{3,4}

Estrutura, usualmente, significa disposição e ordem das partes de um todo. Desta maneira, *estrutura de dados* pode ser conceituada como o resultado da disposição, ordenação ou organização de dados representativos de informações.⁴

Na literatura pode-se encontrar, a respeito de estruturas de dados, desde conceitos simples e informais como: "*Estruturas de Dados* é o meio de representar informações no computador", e até definições elaboradas e formais, tais como: "*Estruturas de Dados* é um grafo dirigido, denotado por $G = (P, R)$, com funções de atribuição que associam dados aos pontos de P , onde está definida a relação R "⁵; ou "*Uma estrutura de dados* é um conjunto de domínios D , um domínio d pertence a D , um conjunto de funções F e um conjunto de axiomas A . A tupla (D, F, A) designa a estrutura de dados d , que é, usualmente, abreviada por d ".⁶

Os inúmeros conceitos, existentes sobre estruturas de dados, geram diversas maneiras em classificá-las. Nos SIC, as estruturas de dados, empregadas para representar e armazenar os elementos gráficos básicos (pontos, linhas, e áreas) e seus relacionamentos, são classificadas em modelo *matricial* (raster) e *vetorial*.

Cabe ressaltar, que os equipamentos de aquisição e de impressão de dados gráficos adquirem ou imprimem os dados sob a configuração de um dos modelos matricial ou vetorial. É comum adotar o modelo da estrutura de dados de acordo com a configuração dos equipamentos do ambiente de trabalho, apesar de existirem algoritmos de conversão que permitem aos equipamentos manipular qualquer modelo de estrutura.⁹

As estruturas de dados vetoriais possibilitam um armazenamento de dados mais compacto do que as estruturas matriciais. Devido a este fato, as estruturas de dados que deverão ser adotadas numa base de um SIC são as vetoriais.

O modelo vetorial é constituído por elementos que variam em forma e tamanho, acarretando a descrição de cada um, explicitamente.¹¹ A unidade lógica básica é o vetor, representado por dois pontos extremos. O elemento fundamental é a coordenada cartesiana (x, y) que define o espaço ocupado física ou virtualmente por um objeto.

A mais simples estrutura de dados cartográficos vetorial é denominada de "Spaghetti Cartográfico", que somente efetua o armazenamento dos dados relativos à geometria dos objetos.¹²

A estrutura de dados denominada *Lista de Pontos*, armazena para cada objeto todos os seus pontos. Isto causa redundância nos dados, pois cada vértice é assinalado e suas coordenadas são armazenadas a cada vez que é utilizado na definição de um objeto.¹³

Para evitar a repetição de armazenamento dos vértices adota-se a estrutura de dados conhecida como *Dicionário de Pontos Comuns*.¹⁴ Esta estrutura faz com que a informação seja separada em dois blocos. Um bloco contém a informação da entidade, isto é, o tipo, o código e a lista de todos os vértices que descrevem o objeto; e o outro bloco contém as coordenadas dos vértices, evitando, desta forma, a redundância de dados.

As estruturas de dados se tornam realmente poderosas e flexíveis com a incorporação dos elementos topológicos¹⁵ e com geocodificação dos objetos.¹⁶

Para representar a geometria dos objetos punctuais, lineares e planares, em um SIC, são definidos os seguintes elementos topológicos: nó, arco, poligonal e texto.

Nó é definido por coordenadas associadas a um determinado sistema de referência. Destina-se a representar os objetos punctuais, assinalar o cruzamento de dois objetos lineares e definir as extremidades de um arco.

Arco é um conjunto de segmentos contínuos e cujas extremidades são nós. Seus segmentos são definidos por uma lista de pontos associada a uma função.

Poligonal é o conjunto de um ou mais arcos que representam a geometria de objetos lineares ou planares. Denomina-se *Poligonal Aberta*, quando se referir a objetos lineares, e *Poligonal Fechada*, quando estiver definindo o contorno de objetos planares. Um caso particular de poligonal fechada é quando a mesma é constituída apenas de um arco, cujas extremidades coincidem, recebendo então a denominação de *Ilha*.

Texto não visa representar, diretamente, a geometria dos objetos como ocorre com os outros elementos. Existem certos objetos que não são, cartograficamente, representados por sua geometria, e sim, através de um texto, tais como, serras, bacias hidrográficas e outras denominações gerais.

É importante observar que um polígono pode conter mais de um objeto. Por exemplo, uma floresta pode conter rios, lagos, clareiras, dentre outros. Deve-se, portanto, subdividir a poligonal fechada em: *homogênea* - constituída por apenas um objeto; *heterogênea* - contendo dois ou mais objetos.

As características peculiares dos acidentes físicos ou culturais podem ser agrupadas segundo um *geocódigo* que as classifica em níveis definidos por elementos, feições e subfeições.

Os elementos cartográficos reúnem os objetos segundo suas

características naturais. São dispostos conforme a finalidade do documento cartográfico. Nos documentos de mapeamento sistemático, por exemplo, estão dispostos segundo os objetos relativos à planimetria, hidrografia, altimetria e vegetação.

Cada elemento cartográfico é dividido em *feições*, que reúnem os objetos com características semelhantes. As feições poderão, ainda, ser subdivididas em *subfeições*, desde que apresentem mais de um tipo ou categoria.

A representação geométrica de um objeto pode depender de outros fatores, por exemplo, em função da escala de um documento cartográfico, uma cidade pode ser representada por um nó ou por uma poligonal fechada heterogênea. Devido a tal circunstância, incorpora-se ao geocódigo, também, o tipo de geometria que deverá representar o objeto.

4. Base de Dados

Os elementos topológicos e a geocodificação possibilitam que se projete uma base de dados adequada ao processamento de um SIC.

Os conceitos formulados sobre elementos topológicos constituem o embasamento teórico necessário para que se proceda à modelagem digital da geometria dos objetos cartográficos.

O geocódigo qualifica o objeto cartográfico e estabelece o seu relacionamento com a representação geométrica, definindo, assim, o elemento topológico que deverá ser adotado.

Assim sendo, um objeto geocodificado deverá indicar o elemento cartográfico, a feição, a subfeição, se for o caso e a geometria de representação.

Outras informações sobre o objeto cartográfico deverão ser incluídas à base, por exemplo, a topomínia do objeto cartográfico, normalmente, é considerada e assume um papel importante na recuperação da informação. Desta maneira, uma base pode ser subdividida nas sub-bases geométrica, qualitativa e de informações complementares.

Esta subdivisão permite que a base de dados possua independência dos dados gráficos e não gráficos, múltiplos acessos e facilidade na extensão da base, tanto a nível de projeto, como a nível de aplicação.

Uma estrutura de acesso celular poderá ser associada à Sub-Base Geométrica com o objetivo de facilitar o armazenamento dos dados, de estabelecer o relacionamento dos elementos topológicos e acelerar a recuperação de informações. Esta estrutura é realizada pela subdivisão da região de interesse em células, gerando, assim, uma grade matricial. A cada célula é associada uma lista dos elementos topológicos que estão contidos na mesma. Isto permite que o estudo de vizinhança, de pertinência e da interseção dos elementos topológicos sejam efetuados com o menor grau de complexidade.

Um Modelo Numérico de Elevação (MNE) poderá ainda ser associado à Base, permitindo que o SIC possa efetuar exibições no espaço tri-dimensional e realizar funções atinentes à altimetria, tais como cálculo de volume, traçado de perfis e curvas de nível, cálculo de declividade de elevações, estudo de linhas de drenagem, dentre outras.

A figura a seguir ilustra uma configuração esquemática de uma base de um SIC. As possíveis rotas de acesso à base estão assinaladas juntamente com os tipos ou categorias prováveis, inerentes a cada sub-base, empregadas na recuperação das informações.

5. Referências Bibliográficas

1 - MacDonal, C.L. & Crain, I.K. Applied Computer Graphics in a Geographic Information System-Problems & Successes. "CLDS/CGIS CLDS Selected Papers", Ottawa, "V" (R001072), November 1985.

2 - Crain, I.K. & Thie, J. Geographic Information Systems Technology for Environmental Resource Management in the Third World. "CLDS/CGIS CLDS Selected Papers", Ottawa, "V" (R001072), November 1985.

3 - Abib, O.A. "Especificação para um Sistema de Cartografia Apoiada por Computador", Rio, 1986, Tese de Mestrado. IME.

4 - Cunha F^o, H.F. da. "Uma Linguagem de Consulta para Banco de Dados Cartográfico", Rio, 1987, Tese de Mestrado. IME.

5 - Langefors, B. "Theoretical Analysis of Information Systems", Philadelphia, Auerbach, 1973.

6 - Freitas, C.M.D.S. "Uma Metodologia de Projeto de Estruturas de Dados para Aplicações Gráficas Interativas", Porto Alegre, 1982, Tese de Mestrado. UFRGS.

7 - Brillinger, P.C. & Cohen, C.D. "Introduction to Data Structures and Non-Numeric Computation". Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1972.

8 - Pfaltz, J.L. "Computer Data Structures", Toquio, McGraw Hill Kogakusha, 1977.

9 - Horowitz, E. & Sahni, S. "Fundamental and Data Structures", Computer Science Press, USA, 1982.

10 - Menezes, P.M.L.de. "Aquisição, Tratamento e Armazenamento de Dados de Cartas Topográficas Digitalizadas", Rio, 1987, Tese de Mestrado. IME.

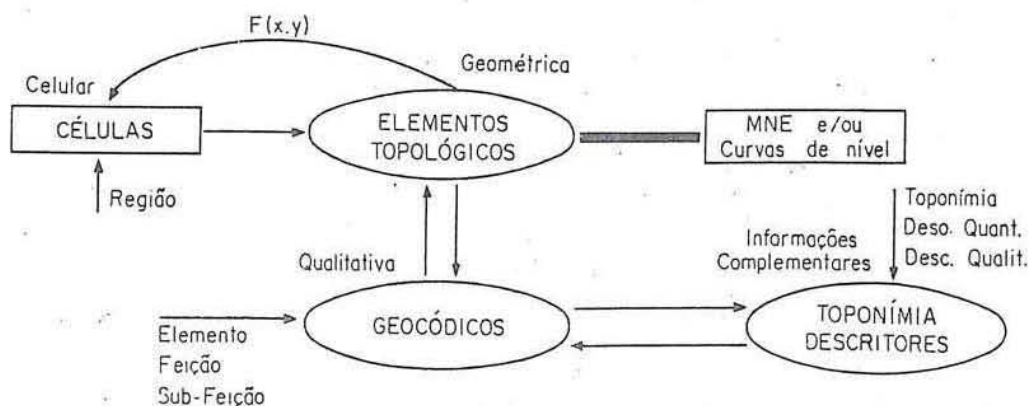
11 - Crain, I.K.et.alii. Trends in Data Structures in GIS, "CLDS/CGIS CLDS Selected Papers", Ottawa, "V" (R001072), November, 1985.

12 - Chrisman, N. The Impact of Data Structure on Geographic Information Processing. "International Conference on Automation in Cartography", Reston-Virginia, 1974.

13 - Peucker, T.K. & Chrisman, N. Cartographic Data Structures. "The American Cartographer", "Vol 2" (1), 1975.

14 - Gupstill, S.C. The Impact of Computer Graphics. "Data Manipulation Software, and Computing on Spatial Data Structures", Harvard University, 1981.

15 - Kobayashi, I. Cartographic Databases. "Lecture Notes in Computer Science-Pictorial Information Systems", Springer-Verlag, 1980.



Esquema de uma Base de um SIC