

# ESTRUTURA CELULAR DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Maj Qem Crig Claudionor Tusco  
Cap Qem Crig Jorge Luis Nunes e Silva Brito  
Diretoria de Serviço Geográfico

## Sumário

O trabalho apresenta a concepção e os procedimentos para a implementação de uma estrutura de apoio a um Banco de Dados não-convencional, que integra um Sistema de Informações Cartográficas. A estrutura — denominada "Apoio Celular" — tem por objetivos facilitar o armazenamento dos dados e a recuperação de informações.

## Abstract

This work presents the development and the procedures for implementation of a support structure for an unconventional database which integrates a Cartographic Information System. The support structure — called Cellular Support Structure — is designed to improve facilities for data storage and information recovery.

## 1. Introdução

Fruto do desenvolvimento científico-tecnológico, verificado nas últimas décadas, particularmente, no campo da informática, vive o mundo atual a fase de disseminação do uso do computador, praticamente, em todas as áreas do conhecimento humano.

A Engenharia Cartográfica tem-se beneficiado, sobremaneira, deste desenvolvimento, no sentido de realizar a automatização dos processos de elaboração e manutenção de seus produtos.

Surge, então, a Cartografia Automatizada, que, genericamente, engloba todas as fases da elaboração e manutenção de documentos cartográficos, através da aquisição automática dos dados e da geração das informações cartográficas.

A representação gráfica dos dados cartográficos digitais é realizada através da Computação Gráfica que, quando aliada às técnicas de gerenciamento de Sistemas de Bancos de Dados, passa a ser denominada Sistema de Informações Cartográficas (SIC).

Um SIC tem como objetivo principal a confecção de documentos cartográficos, por processos automatizados, devendo dispor, para tal, de métodos eficientes de armazenamento e recuperação de informações, a fim de definir, adequadamente, as feições terrestres, de forma que os documentos exibidos retratem, fielmente, a superfície física, neles representada, e tenham uma boa visualização e disposição das informações.

A Base de Dados<sup>1</sup> de um Sistema de Informações Carto-

gráficas, sobre a qual a Estrutura de Apoio Celular atuará, é modelada sob o enfoque vetorial e possui dois tipos de dados, a saber:

- dados gráficos — representados por pontos, linhas ou áreas e modelados segundo tipos abstratos denominados *Elementos Topológicos*<sup>1, 2, 3, 5</sup> — vêm a constituir a Sub-base Geométrica da base de dados.
- dados não-gráficos — descritores qualitativos e/ou quantitativos dos objetos da base de dados, são tratados segundo a abstração denominada geocodificação e constituem a Sub-base Qualitativa.

A estas duas abstrações, são adicionadas *informações complementares* que, armazenadas numa Sub-base, possibilitam a criação de visões de interesse específico, a fim de atender as necessidades da Cartografia Temática, integrando diferentes áreas do conhecimento humano, tais como, a Sociologia, a Economia, a Agricultura e a Geopolítica, dentre outras.

A Estrutura de Apoio Celular visará a eficiência da implementação, a fim de buscar a minimização da alocação de memória e a otimização do tempo de processamento, particularmente, em se tratando de operações de leitura e gravação dos dados — que poderão exigir inúmeros acessos à memória secundária — principalmente, se a implementação tiver sido realizada em ambiente onde há disponibilidade de grandes recursos de memória principal.

## 2 Estrutura de Apoio Celular

Um esquema da base de dados do SIC é mostrado na *figura 1*, onde se pode observar a integração da estrutura de Apoio Celular, diretamente à Sub-base Geométrica. Sua importância está relacionada à facilidade obtida no armazenamento e recuperação da geometria dos objetos cartográficos, a partir dos Elementos Topológicos sobre os quais a base de dados está modelada, conceitualmente.

Considera-se como unidade básica, para formação da Estrutura de Apoio Celular, uma região geográfica, denominada *Projeto*. Em termos físicos, suas dimensões poderão variar, não só em função da escala do mapeamento, como pelas características fisiográficas (relevo, vegetação, acidentes naturais ou artificiais etc...) da superfície a ser cartografada. A título de exemplo, pode-se considerar, como um Projeto, desde um bairro ou cidade, até uma região de dimensões continentais.

Em linhas gerais, a Estrutura de Apoio Celular consistirá na divisão do Projeto, segundo uma grande matricial, onde cada elemento receberá a denominação de *célula*. Cada célula deverá fornecer informações sobre os Elementos Topológicos que estiverem contidos em seu interior ou que a atravessarem, de forma que, a partir de uma célula, se possa acessar um particular Elemento Topológico, que lhe esteja relacionado. É interessante observar que, em função das dimensões do Projeto e da quantidade de células a ele alocadas, a Estrutura de Apoio Celular poderá ocupar espaço considerável de memória, fato que acarretará a impossibilidade de seu total carregamento na memória principal.

Na impossibilidade de se realizar o carregamento, na memória principal, de todo o arquivo que materializa a Estrutura de Apoio Celular e, no sentido de minimizar os acessos à memória secundária, utiliza-se o artifício de agrupar as células segundo "páginas" de tamanho fixo, sendo estas, a unidade básica de trabalho para tais operações. Isto significa que se efetuará a recuperação ou o armazenamento das informações, de uma página, ao invés de se fazê-lo célula a célula. Tal procedimento facilitará, por

exemplo, os estudos de vizinhança e propriedades geométricas entre os Elementos Topológicos, não só no âmbito da própria célula, como também em relação às células vizinhas. O arquivo que materializará a Estrutura de Apoio Celular, neste caso, terá seus registros grupados, física e logicamente, através das páginas. Cada registro lógico deste arquivo conterá referências (apontamentos) que permitam acessar as informações relativas aos Elementos Topológicos, de forma a evitar-se redundâncias em termos de armazenamento dos dados, no Sistema de Informações Cartográficas. Na *figura 2*, pode-se visualizar o esquema da Estrutura de Apoio Celular.

Uma vez que o problema crucial de um sistema de Informações Cartográficas, desenvolvido sob o enfoque vetorial, relaciona-se aos *estudos de vizinhança*, o estabelecimento da Estrutura de Apoio Celular, de forma a manipular um conjunto de células, por si só, não lograria êxito, caso não satisfizesse aos mesmos. Surge, então, o seguinte problema: Como organizar, logicamente, as células de um Projeto, de forma que o carregamento de uma ou mais páginas atenda, satisfatoriamente, aos estudos de vizinhança de uma determinada célula?

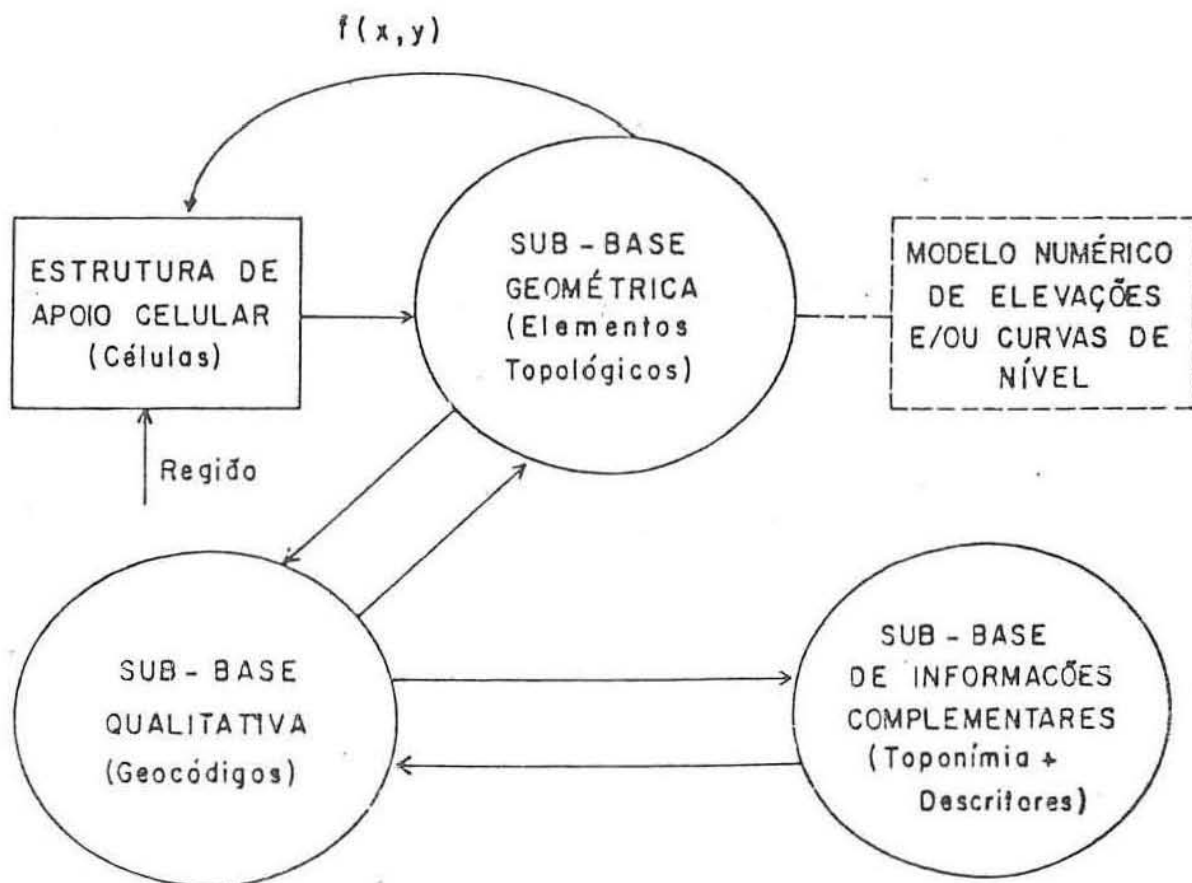


Figura 1 - Esquema da Base de Dados d um SIG.

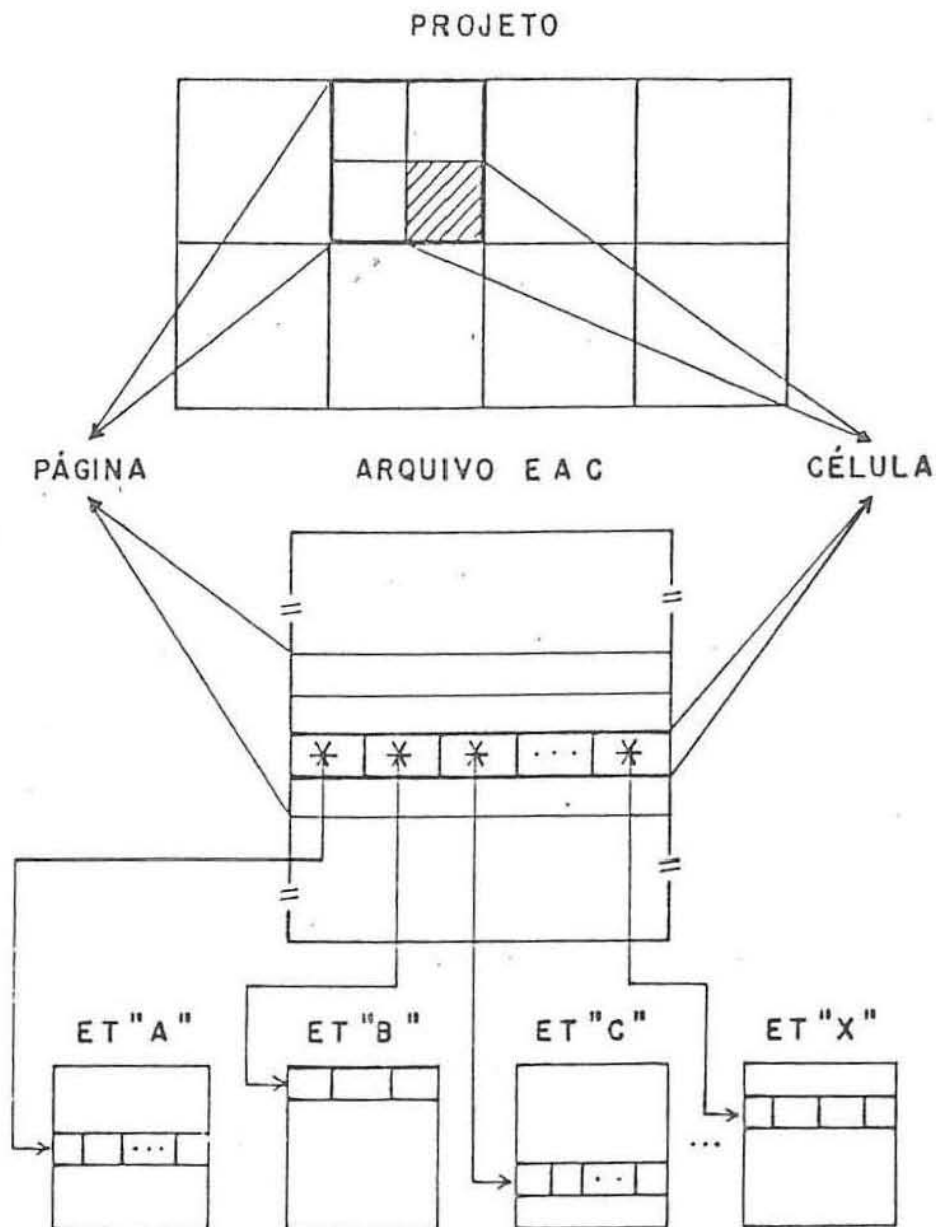


Figura 2 - Esquema da Estrutura de Apoio Celular.

A figura 3 mostra que, se a célula não se situar sobre os limites da página em que estiver contida (a), pode-se solucionar, trivialmente, o problema apresentado. Sorte idêntica, entretanto, não ocorrerá, caso a célula se apresente como em (b), onde será necessário o carregamento de, pelo menos, quatro páginas, para o atendimento a idêntico tipo de vizinhança.

A solução, para a organização lógica das células, foi a adoção de uma chave de endereçamento denominada "Peano-key".

Sua obtenção é feita de maneira bastante simples, bastando efetuar-se o entrelaçamento dos índices de posicionamento da célula, na grade matricial, através de suas respectivas representações binárias. Tal entrelaçamento gera um número (também em re-

presentação binária) que, após a conversão para a base decimal, representa a chave da célula. Por exemplo, seja a célula correspondente à terceira linha horizontal e à quinta linha vertical da grade (( $e(i,j) = (3,5)$ ). A "Peano-key", correspondente, será o valor decimal 27 (figura 4).

A Peano-Key poderia, de início, ser considerada uma chave, como qualquer outra, não fossem as características peculiares de distribuição espacial, por ela proporcionadas. Tais características - denominadas "Curvas de Peano" — podem ser observadas na figura 5, onde é representada uma grade matricial de 8x8 células e suas respectivas chaves.

Com a utilização da "Peano-Key" e com o carregamento de

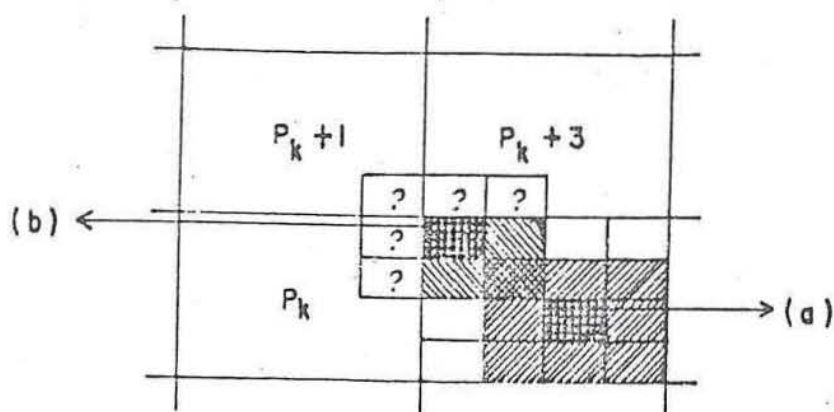


Figura 3 - Análise de vizinhança.

quatro páginas, na memória principal, atende-se a imposição de vizinhança 8, em qualquer célula do Projeto.

A seguir, são descritos os procedimentos necessários à implementação da estrutura de Apoio Celular:

- 1) Definição dos limites do Projeto (abscissas e ordenadas mínimas e máximas);
- 2) Definição da quantidade de células (para as abscissas e ordenadas), tendo-se, a partir daí e em função dos parâmetros do Projeto, as dimensões das células, segundo os eixos coordenados;
- 3) A partir das coordenadas de um ponto qualquer, que se deseje pesquisar, na base de dados, calcula-se a célula, à qual pertence e, a partir dos índices da célula, são determinados sua página e seu endereço ("Peano-Key"), no arquivo que materializa a Estrutura de Apoio Celular;
- 4) Verificação do "status" da página da célula, pesquisando-se as páginas que estejam carregadas, na memória principal, através de uma estrutura de *lista circular*<sup>4</sup>, a fim de realizar seu carregamento, se for o caso;
- 5) A partir do endereço da célula, acessam-se os Elementos

Topológicos, nela contidos, e realizam-se as operações desejadas (pesquisa, inserção, alteração ou exclusão).

Como linha geral de procedimento, sugere-se a adoção de quantidades de células que sejam potências de dois, o que agilizará os cálculos (por exemplo, divisões poderão ser efetuadas através de operações em "bits") e implicará, logicamente, no dimensionamento das páginas ser função de potência de quatro, dadas as características da "Peano-Key".

### 3. Conclusão

O trabalho, a título de introdução, apresentou conceitos relacionados à Cartografia Automatizada, objetivando situar o contexto no qual a Estrutura de Apoio Celular seria empregada.

Tendo como escopo a apresentação da Estrutura de Apoio Celular, descreveu sua concepção, elegeu a "Peano-Key" como chave de endereçamento de seus registros, face à eficiência proporcionada pela mesma e, finalmente, apresentou os procedimentos necessários à sua implementação.

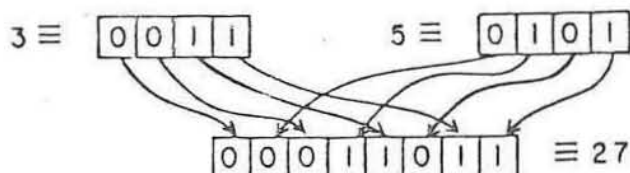


Figura 4 - Geração da "Peano-Key".

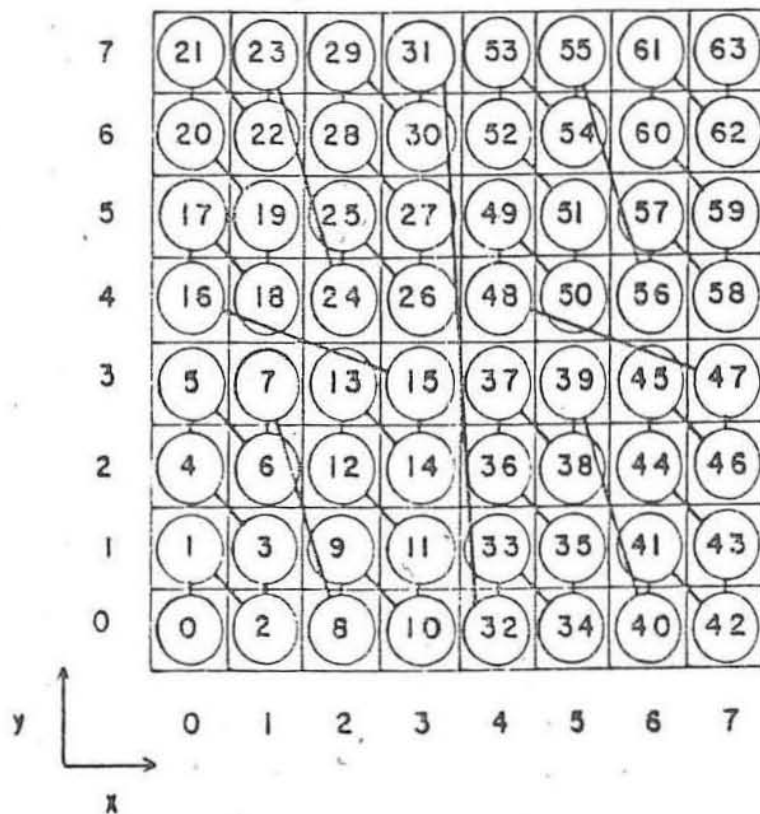


Figura 5 - Relação entre os índices das células e suas "Peano-Keys".

Cabe ressaltar que o dimensionamento da quantidade total de células, do tamanho das páginas e da quantidade máxima das páginas ativas, na memória principal, serão funções do ambiente em que o Sistema de Informações Cartográficas estiver implantado, podendo, inclusive, haver a possibilidade do total carregamento da Estrutura de Apoio Celular, na memória principal. Neste caso, abandona-se o artifício de paginação, o que simplificará a implementação. Entretanto, não há razão para se supor, a priori, que esta possibilidade venha a ocorrer.

A estratégia de se efetuar o endereçamento das células da Estrutura de Apoio Celular, através da função "Peano-Key", está sendo adotada no SIC-IME, um Sistema de Informações Cartográficas, ora em fase de desenvolvimento, no INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA.

#### Referências

1. TUSCO C. Base de Dados de Um Sistema de Informações Cartográficas. IME, RJ, 1988.
2. LAURINI R. Graphical Data Bases Built on Peano Space-Filling Curves — Eurographics Association, North Holland, 1985.
3. GUPTILL S.C. The Impact of Computer Graphics, Data Manipulation Software, and Computing on Spatial Data Structures, Harvard University, 1981.
4. HOROWITZ E. e SAHNI S. Fundamentals of Data Structures, Computer Science Press, USA, 1982.
5. KOBAYASHI I. Cartographic Databases, Lecture Notes in Computer Science — Pictorial Information Systems, Springer Verlag, 1980.