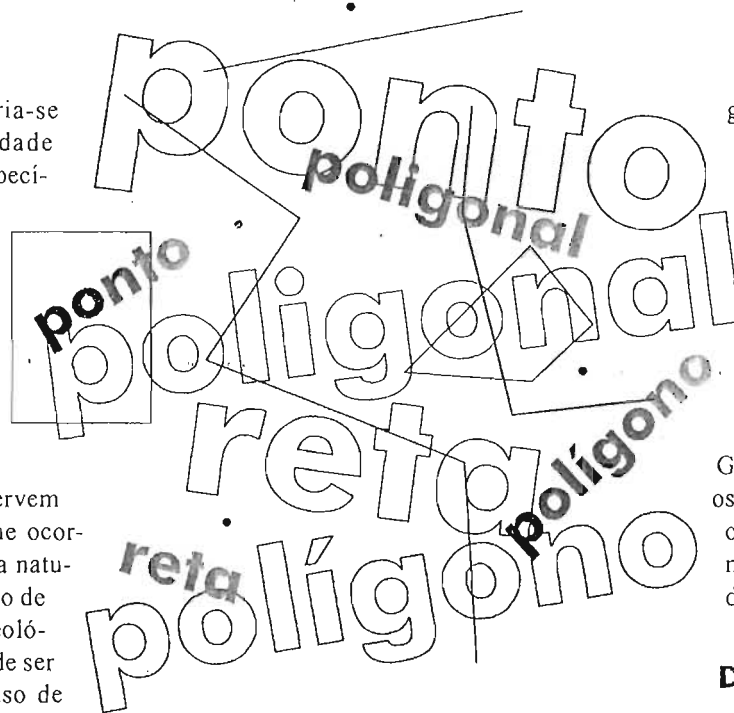


Vetores em GIS

Num ambiente GIS, cria-se um modelo da realidade capturando aspectos específicos do mundo real e transpondo para o sistema. Cada entidade ou fenômeno precisa ser analisado para definir a melhor forma de representá-lo no GIS. De modo geral, pode-se dizer que existem duas grandes classes de representação: campos e objetos. Os campos servem para representar fenômenos que ocorrem variando continuamente na natureza, como por exemplo o relevo de uma região, ou sua formação geológica. Este tipo de fenômeno pode ser inserido em um GIS com o uso de aproximações, como modelos digitais do terreno (mais conhecidos como DTM – Digital Terrain Models), ou sob a forma de imagens digitais. Os objetos tendem a corresponder a elementos individualizáveis do mundo real: edificações, estradas, rios, postes, ruas, lotes. Neste caso, o modelo de representação que mais se adapta é o *vetorial*.

No modelo vetorial, a localização e a aparência gráfica de cada objeto são representadas por um ou mais pares de coordenadas. Os objetos são também caracterizados por atributos não-espaciais, que os descrevem e identificam univocamente. Esse tipo de representação não é exclusivo do GIS: sistemas CAD e outros sistemas gráficos também utilizam representações vetoriais. Isso porque o modelo vetorial é bastante intuitivo para engenheiros e projetistas, embora estes profissionais nem sempre utilizem sistemas de coordenadas ajustados à superfície da Terra para realizar seus projetos, pois para estas aplicações, um simples sistema de coordenadas cartesianas é suficiente. Mas o uso de vetores em GIS é bem mais sofisticado do que em CAD, pois em geral um GIS envolve volumes de dados bem maiores e conta com recursos para tratamento de topologia, associação de atributos alfanuméricos e indexação espacial. Por outro lado, os vetores que se constroem tipicamente em um GIS são menos sofisticados



geometricamente que aqueles possíveis em um CAD. Enquanto em um GIS, em geral, se pode apenas representar pontos e conjuntos de segmentos de reta, em um CAD é possível ter também círculos, arcos de círculo, e curvas ... suavizadas como spline e Bezier. Além disso, o tratamento da terceira dimensão em GIS é ainda rudimentar, enquanto os sistemas CAD são utilizados para operações tridimensionais bem mais complexas, como modelagem de sólidos.

Definições

Para entender melhor a maneira como os GIS tratam a informação vetorial, eis algumas definições fundamentais. Vamos nos ater a duas dimensões, como a maioria dos GIS comerciais.

Ponto – um ponto é um par ordenado (x, y) de coordenadas espaciais.

Alguns GIS denominam entidades localizadas através de um ponto como entidades simbólicas, porque sempre se associa um símbolo cartográfico ao ponto, para fins de representação em tela ou em um mapa.

Reta e segmento de reta – Sejam p_1 e p_2 dois pontos distintos no plano. A combinação linear $\alpha \cdot p_1 + (1 - \alpha) p_2$, onde α é qualquer número real, é uma *reta* no plano. Quando $0 \leq \alpha \leq 1$, se tem um *segmento de reta* no plano, que tem p_1 e p_2 como *pontos extremos*.

Esta definição é estritamente geométrica, e nos interessa uma definição mais aplicada. Assim, partimos para o conceito de *linha poligonal*, que é composta por uma seqüência de segmentos de reta. O mais comum, no entanto, é definir a linha poligonal através da seqüência dos pontos extremos de seus segmentos, ou seja, seus *vértices*.

Linha poligonal – Sejam v_0, v_1, \dots, v_{n-1} n pontos no plano. Sejam

$s_0 = v_0v_1, s_1 = v_1v_2, \dots, s_{n-2} = v_{n-2}v_{n-1}$, $n - 1$ segmentos, conectando estes pontos. Estes segmentos formam uma poligonal L se, e somente se, (1) a interseção de segmentos consecutivos é apenas o ponto extremo compartilhado por eles (i.e., $s_i \cap s_{i+1} = v_{i+1}$), (2) segmentos não consecutivos não se interceptam (i.e., $s_i \cap s_j = \emptyset$ para todo i, j tais que $j \neq i + 1$) e (3) $v_0 \neq v_{n-1}$, ou seja, a poligonal não é fechada.

Observe-se, na definição acima, a exclusão da possibilidade de auto-interseção. Os segmentos que compõem a poligonal só se tocam nos vértices. Formalmente, poligonais que não obedecem a este critério são chamadas poligonais complexas. De modo geral, os GIS não impedem que poligonais complexas sejam criadas, no entanto, dificilmente este tipo de linha ocorrerá na natureza. Além do mais, poligonais complexas podem criar dificuldades na definição da topologia e em operações como a criação de *buffers*.

Polígono – Um polígono é a região do plano limitada por uma linha poligonal fechada.

A definição indica que, apenas invertendo a condição (3) da linha poligonal, temos um polígono. Assim, também aqui não é permitida a interseção de segmentos fora dos vértices, e os polígonos onde isto ocorre são denominados polígonos complexos. Os mesmos comentários que foram feitos para poligonais valem para os polígonos. Observe-se também que o polígono divide o plano em duas regiões: a interior, que convencionalmente inclui a fronteira (a poligonal fechada) e a exterior.

Assim, quando utilizamos a expressão vetores, estamos nos referindo a alguma combinação de pontos, poligonais e polígonos, conforme definidos. Combinações, porque teoricamente poderíamos utilizar mais de um tipo de primitiva gráfica na criação da representação de um objeto. Por exemplo, pode-se ter objetos de área mais complexos, formados por um polígono básico e vários outros polígonos contidos no primeiro, delimitando buracos. Pode-se também ter objetos compostos por mais de um polígono, como seria necessário no caso do Estado do Pará, que além da parte “continental” tem a ilha de Marajó e outras como parte de seu território.

Classes de Vetores

Apesar de estarmos sempre concebendo representações sob a forma de pontos, linhas e áreas para objetos em GIS, existem algumas variações com relação à adaptação destas representações à realidade, ou seja, considerando a forma com que estes objetos ocorrem na natureza. A opção entre as alternativas a seguir é feita na fase de modelagem conceitual do GIS, e deve ser feita com bastante cuidado.

Objetos de área podem ter três formas diferentes de utilização: objetos *isolados*, *aninhados* ou *adjacentes*. O caso de objetos isolados é bastante comum em GIS urbanos, e ocorre quando os objetos da mesma classe em geral não se tocam. Por exemplo, edificações, piscinas e mesmo as quadras das aplicações cadastrais ocorrem isoladamente, não existindo segmentos poligonais compartilhados entre os objetos. O caso típico de objetos aninhados é o de curvas de nível e todo tipo de isolinhas, em que se tem linhas que não se cruzam, e são entendidas como estando “empilhadas” umas sobre as outras. Este caso tem muitas variações, pois curvas de nível podem ser também modeladas como

linhas, uma vez que podem permanecer abertas em algumas situações, e também podem ser entendidas como subproduto de modelos digitais de terreno, que são campos. Finalmente os exemplos típicos de objetos adjacentes são todas as modalidades de divisão territorial: bairros, setores censitários, municípios e outros. São também exemplos mapas geológicos e pedológicos, que representam fenômenos que cobrem toda a área de interesse. Neste caso, pode-se ter o compartilhamento de fronteiras entre objetos adjacentes, gerando a necessidade de estruturas topológicas. Estes também são os casos em que recursos de representação de buracos e ilhas são mais necessários.

Os objetos de linha também podem ter variadas formas de utilização. Analogamente aos objetos de área, pode-se ter objetos de linha isolados, em árvore e em rede. Objetos de linha isolados ocorrem, por exemplo, na representação de muros e cercas em mapas urbanos. Objetos de linha organizados em uma árvore podem ser encontrados nas representações de rios e seus afluentes e também em redes de esgotos e drenagem pluvial. E podem ser organizados em rede, nos casos de redes elétricas, telefônicas, de água ou mesmo na malha viária urbana e nas malhas rodoviária e ferroviária.

Problemas de Nomenclatura

Um problema que aflige todos os usuários de GIS é a grande variedade de nomenclaturas para elementos vetoriais. A linha poligonal, conforme definida, pode ser denominada de diversas formas em GIS e CAD: *linha*, *polilinha*, *arco*, *link*, *1-cell*, *cadeia*, e outras. Algumas dessas denominações incluem considerações topológicas. Por exemplo, um arco é muitas vezes definido como uma estrutura que conecta dois nós, e nó (ou *0-cell*) é uma denominação alternativa para *ponto* ou *símbolo*. O mesmo ocorre com relação a polígonos, denominados às vezes como *áreas*, *regiões* ou ainda *2-cells*.

Quase sempre aparecerão sutilezas com relação à definição que serão especificamente ligadas a aspectos da lógica de construção do software GIS. Um GIS baseado em topologia, por exemplo, vai definir áreas ou regiões a partir de seqüências de arcos, que por sua vez conectam nós. Um sistema desktop mapping poderá impedir a utilização de objetos compostos por vários polígonos. Um GIS baseado em SGBD relacional poderá permitir buracos, mas não permitir polígonos externos adicionais.

De qualquer forma, esta grande variedade de denominações para as formas de representação geométrica tem pelo menos duas conseqüências. Em primeiro lugar, dificulta a comunicação entre usuários de diferentes GIS. Além disto, dificulta o estabelecimento de normas e padrões de intercâmbio de dados.

Colaboração: **Clodoveu Davis**
é engenheiro civil, analista de sistemas, mestre em Ciência da Computação e Assessor de Desenvolvimento e Estudos da Prodabel (Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte). É também vice-presidente da RBGeo (Rede Brasil de Geoprocessamento)
Endereço: **GeoPro Informática**
Rua Alagoas, 314/1501 – 30130-160 – Belo Horizonte – MG
Tel. (031) 978-1422 – Fax (031) 224-0022
e.mail: clodoveu@unix.horizontes.com.br