

# SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: UMA VISÃO PARA ADMINISTRADORES E PROFISSIONAIS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Vivaldo José Breternitz\*

## RESUMO

*Este artigo pretende apresentar uma visão geral dos Sistemas de Informações Geográficas - SIG, visão essa voltada aos Administradores e profissionais de Tecnologia da Informação que estejam cogitando aplicar essa tecnologia em suas organizações. A observar que esses sistemas são usualmente chamados GIS (Geographic Information Systems).*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Sistemas de Informações Geográficas, SIG, geoprocessamento, raster, vetor.*

## ABSTRACT

*This article intends to present a global vision of the Geographic Information Systems – SIG. This vision is oriented to Administrators and Information Technology professionals who are thinking about the possibility of applying this technology in their organizations. Observe that these systems are usually called GIS (Geographic Information Systems)*

**KEY WORDS:** *Geographic Information Systems, GIS, geoprocessing, raster, vector*

## Introdução

Sendo uma tecnologia em franco processo de desenvolvimento, fica difícil chegar a uma definição de SIG que satisfaça aos envolvidos com seu desenvolvimento, com seu uso e até mesmo àqueles que fazem seu marketing - há inclusive os que chegam a considerar SIG como uma ciência e não como uma ferramenta (GOODCHILD, 1997). Tem sido observado que muitas definições de SIG são claramente forçadas pelos interessados em ganhar mercado para seus produtos.

Adicionalmente, SIG tem uma gama muito grande de aplicações, havendo inclusive sistemas que, com frequência, usam as mesmas ferramentas de SIG, mas aplicando-as em situações muito diferentes. Cada um destes grupos de usuários também apoia sua própria definição de SIG. Diante deste cenário, selecionamos as definições seguintes, que julgamos serem válidas dependendo do contexto em que são enunciadas, tentando assim mostrar as várias faces dos SIG:

- “Qualquer conjunto de procedimentos manuais ou baseados em computador destinados a armazenar e manipular dados referenciados geograficamente” (ARONOFF, 1989);

---

\* Mestre em Engenharia pela Universidade Mackenzie; professor das Faculdades Padre Anchieta e Gerente Geral da Banespa SA Corretora de Câmbio e Títulos (vjbreternitz@yahoo.com).

- “Um caso especial de sistema de informação, em que o banco de dados é formado por características, atividades ou eventos distribuídos espacialmente” (DUEKER, 1979);
- “Um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenagem, recuperação e exibição de dados do mundo real para determinados propósitos” (BURROUGH, 1986);
- “Um sistema de apoio à decisão que envolve a integração de dados espacialmente referenciados, em um ambiente para resolução de problemas” (COWEN, 1988);
- “Uma tecnologia de informação que armazena, analisa e exibe dados espaciais ou não - SIG é de fato uma tecnologia e necessariamente não é limitada a um simples e bem definido sistema de computador” (PARKER, 1988);
- “Uma entidade institucional, refletindo uma estrutura organizacional que integra tecnologia com um banco de dados, *expertise* e continuado apoio financeiro” (CARTER, 1994);
- “Um sistema de informações baseado em computador que permite a captura, modelagem, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados georeferenciados” (WORBOIS, 1995).

Apesar desta variedade de definições, CLARKE (1986) define uma série de características comuns e componentes que podem ser usados para dar aos SIG uma definição funcional, a saber:

- um grupo de dados que são associados a propriedades espaciais;
- uma topologia, ou seja, uma expressão numérica ou lógica das relações entre estes dados;
- arquivos ou estruturas de dados comuns;
- a habilidade do sistema para executar as funções de coleta, armazenamento, recuperação, análise (manipulação) e geração automática de mapas.

Adicionalmente, é importante considerar SIG dentro do contexto de ser:

- um jogo poderoso de ferramentas;
- um sistema apoiado por computador;
- um sistema de apoio à decisão;
- uma tecnologia de informação.

Isto conduz à visão de que SIG tem cinco componentes básicos:

- *Hardware* - o computador no qual o SIG é processado e seus periféricos. O desenvolvimento rápido do hardware de computador levou SIG do domínio do perito em computadores que usava um *mainframe*, para os *desktop*, onde o usuário final pode sozinho utilizar a tecnologia;
- *Software* - em contraste com o de hardware, o desenvolvimento de software tem sido lento e caro. Interfaces de usuário ainda são relativamente primitivas; há dificuldades de conexão com outros tipos de software, etc.
- *Dados* - a representação computadorizada do mundo real. Os dados, em especial sua coleta, são o fator mais caro e que mais tempo consome para a implementação de um SIG. Normalmente, estão disponíveis em áreas governamentais, não havendo políticas consistentes de disponibilização dos mesmos.

• Método - que é a forma, o conjunto de práticas, pela qual uma determinada organização opera seu SIG; evidentemente, o mesmo deve estar conectado aos demais processos da organização para utilização plena de seus recursos - pode-se dizer que cada uma tem um método prático e único - cabe alertar para as falhas que todos sabem ocorrer quando simplesmente se transplantam modelos de uma organização para outra.

• Pessoal - um software SIG é basicamente um jogo de ferramentas; apenas a qualificação das pessoas que usam o sistema realmente pode fazer com que ele trabalhe adequadamente para uma organização. É difícil obter, treinar e manter pessoal qualificado, o que faz com que muitos considerem esse o ponto mais delicado para a implantação de um SIG com sucesso.

Diz-se freqüentemente que a relação de custo de hardware para software para dados num SIG é da ordem de 1:10:100. É com freqüente surpresa que aqueles que iniciam sua aproximação com a tecnologia de SIG tomam conhecimento desta realidade.

### **Por que os SIG são importantes ?**

Um SIG integra dados espaciais e de outros tipos num único sistema. Isso permite combinar dados de uma variedade de diferentes fontes e tipos, provenientes de muitos bancos de dados diferentes. O processo de converter mapas e outros tipos de informações espaciais numa forma digital, via SIG, torna possíveis métodos novos e inovadores para a manipulação e exibição de dados geográficos.

SIG faz conexões entre diferentes atividades, baseado em sua proximidade geográfica - estas conexões freqüentemente não poderiam ser feitas sem SIG, mas podem ser vitais para o entendimento e gerenciamento de diferentes atividades e recursos, por exemplo, cruzando registros sobre despejo de resíduos tóxicos e escolas.

ABLER (1988) apresenta visões muito especiais acerca do significado de SIG, pois diz que "SIG é para a análise geográfica o que o microscópio, o telescópio e os computadores foram para outras ciências... ele pode ser a solução que ajudará a dissolver as dicotomias regional-sistemáticas e humano-físicas que têm assolado a geografia e outras disciplinas que usam informação espacial".

Apesar de esta ser uma visão interessante, não há nenhuma dúvida que o desenvolvimento de SIG oferece outros benefícios como:

- aumenta nosso conhecimento acerca dos recursos disponíveis numa dada área geográfica;
- facilita a formulação a avaliação de diferentes estratégias alternativas, respondendo a questões do tipo "*what if*" relativas a políticas, análises e distribuição de recursos;
- reduz o tempo gasto para preparação de relatórios, gráficos e mapas, o que melhora a eficácia da informação geográfica usada em análise de políticas e avali-

ação de opções de planejamento;

- melhora o planejamento de futuras pesquisas, por disponibilizar os dados já existentes e estabelecer linhas mestras para coleta, armazenagem e processamento dos novos dados a serem capturados;
- melhora o tempo de resposta aos pedidos de informações gerados por gerentes e planejadores, por tornar as informações mais acessíveis;
- produz novas informações pela sua capacidade de manipular dados anteriormente disponíveis, graças à capacidade de manipulação de dados via computador;
- facilita o desenvolvimento de modelos dinâmicos para apoio ao planejamento, e
- permite uma utilização mais adequada dos recursos humanos disponíveis para coleta e análise de dados - já se viu que os custos desses recursos são altos - pela eliminação de redundâncias e sobreposições de dados e esforços.

### ***Evolução histórica***

O conceito de retratar camadas diferentes de dados em uma série de mapas e depois tentar relacioná-los por sobreposição, é muito mais antigo que os computadores. Mapas da batalha de Yorktown, da Revolução Americana, desenhados pelo cartógrafo francês Louis-Alexandre Berthier, mostravam movimentos de tropas através desse recurso. Em meados do século XIX, o "Atlas to Accompany the Second Report of the Irish Railway Commissioners" mostrava dados acerca de população, fluxo de tráfego, geologia e topografia sobrepostos no mesmo mapa básico - era já uma utilização empresarial e não militar do instrumento.

O Dr. John Snow usou um mapa que mostrava as localizações dos casos de morte por cólera no centro de Londres em setembro de 1854, conseguindo localizar um poço contaminado que iniciou um surto da doença; este foi um dos primeiros casos de utilização de análise geográfica (a título de curiosidade, para impedir que o mesmo continuasse a ser usado, o Dr. Snow retirou a haste da bomba do dito poço...).

Apesar desses exemplos remotos do uso de Sistemas de Informação Geográficas, o verdadeiro início dos SIG como hoje são concebidos, deu-se no início dos anos 60.

### ***SIG na atualidade***

A cronologia do desenvolvimento dos atuais SIG é balizada por vários fatores que geraram uma mudança na forma de pensar e atuar dos geógrafos. Dentre esses fatores, podemos destacar:

- avanços na tecnologia de computador;
- aumento da consciência social, com a sociedade exigindo seus direitos de maneira mais incisiva;
- exigências de integração das informações sobre transportes, rotas, destinos, origens, tempos;

• ativação dos estudos integrados na Universidade de Washington acerca de métodos estatísticos avançados, programação de computadores e cartografia por computador (1958-61).

Estudos de alguns pesquisadores também foram importantes, principalmente por terem desenvolvido ferramentas de base para criação de SIG; dentre esses podemos destacar:

- Nystuen: conceitos fundamentais de espaço - distância, orientação, conectividade;
- Tobler: algoritmos para projeções de mapas e cartografia por computador;
- Bunge: geografia teórica, bases geométricas para geografia - pontos, linhas e áreas.

Nesse período, apesar da precariedade dos recursos disponíveis, começaram a ser desenvolvidas algumas aplicações reais - essas teriam sido os primeiros SIG efetivamente postos em operação, talvez antes mesmo que o termo fosse cunhado. Dentre essas podemos destacar:

- planos integrados de transportes desenvolvidos nos anos 50 e 60 em Detroit e Chicago;
- o Sistema de Informações Geográficas do Canadá, iniciado em 1962, que processou os dados coletados pelo Canada Land Inventory, cruzando mapas com diferentes "temas" - o grupo que desenvolveu esse projeto disputa com outro, que desenvolveu estudos na Northwestern University, a criação do termo "SIG";
- o projeto STORET (1964), do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos, que voltado ao suprimento de água potável e controle de poluição, unificou os dados coletados por diferentes organizações, relativos à qualidade de água, processos de tratamento etc.;
- o projeto MIDAS (1964), do Serviço Florestal americano, que é considerado como o primeiro SIG completo para administração de recursos naturais;
- o DIME, do U.S. Bureau of the Census, também dos anos 60, desenvolvido para construir representações digitais de ruas e zonas censitárias;

Do ponto de vista mais acadêmico, talvez a maior contribuição para os atuais SIG tenha sido a dada por Harvard, onde Howard Fischer iniciou estudos para desenvolvimento de um *software* de mapeamento para uso geral - lá foi criado o "Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis" que influenciou fortemente o desenvolvimento dos SIG até o início dos anos 80. Nesse período, *software* ali produzido foi amplamente utilizado para desenvolvimento dos SIG pioneiros - sua importância ainda persiste, ainda que em menor escala, e muitos dos atuais especialistas na área vieram desse ambiente.

Pode-se dizer que há duas grandes famílias de sistemas SIG: "vetor" e "raster". Além dos dispositivos compugráficos de entrada e saída utilizados nos SIG serem classificados dessa forma (*raster* são aqueles em que as imagens são digitalizadas ou exibidas como uma matriz de pixels e vetor aqueles em que as imagens são descritas através de elementos geométricos posicionados em um sistema de coordenadas cartesianas (TORI, 1995). Assim, nos SIG vetor as informações acerca de pontos, linhas e polígonos, são codificadas e armazenadas como uma série de

coordenadas  $x$  e  $y$ . A localização de um ponto, pode ser dada como uma coordenada  $x,y$ ; objetos com características lineares (para fins de SIG), tais como estradas e rios, podem ser armazenadas como uma seqüência de coordenadas  $x,y$ . Polígonos, como territórios, áreas plantadas, etc., podem ser armazenados como um *loop* de coordenadas. Armazenagem sob a forma de vetores pode ser muito útil para descrever modelos de características discretas, mas são menos indicados quando se trata de modelos com características relativamente estáveis, como por exemplo os tipos de solo numa dada área.

Já os modelos com características que mudam continuamente, são mais adequadamente tratados via *raster*, que como se disse é um conjunto, um *grid* de células, análogo a um mapa ou foto escaneada.

Dissemos anteriormente que foi nos anos sessenta que os atuais SIG começaram a se assemelhar ao que temos hoje. Os da família *raster* se desenvolveram mais rapidamente, principalmente por terem suas estruturas de dados semelhantes às usadas para sensoriamento remoto, que àquela época já estava razoavelmente desenvolvido. Adicionalmente, os algoritmos que deveriam processar os vetores estavam apenas tendo seu desenvolvimento iniciado, além de serem muito "pesados" para processamento pelas CPU então disponíveis.

O mais conhecido SIG *raster* surgido desses trabalhos iniciais, foi o MAP - Map Analysis Package, desenvolvido por Dana Tomlin; nessa mesma época, Jack Dangermond, que trabalhou no laboratório de Harvard, iniciou o desenvolvimento de um SIG vetor, que se tornou o Arc/Info, talvez o SIG mais utilizado em todo mundo. No entanto, os SIG *raster* eram muito populares até meados dos anos 80, quando foram lançados o Arc/Info e vários outros sistemas.

A década seguinte viu o desenvolvimento rápido de SIG vetor, em função do rápido desenvolvimento dos computadores. O crescimento desses sistemas gerou um declínio no desenvolvimento e uso dos SIG *raster*, que passaram a ser vistos como soluções de segunda classe, principalmente por causa de sua pobre resolução espacial e necessidade de grandes áreas para armazenamento de dados. Nos anos 90, passou a se observar o renascimento dos SIG *raster*, por terem os usuários percebido que cada família de SIG pode ser mais adequada numa dada situação, podendo até serem complementares, o que está levando ao desenvolvimento de sistemas integrados ou mistos.

Do ponto de vista tecnológico, poderíamos classificar os modernos SIG em três grandes grupos, a saber:

- os CAD/cartográficos, sistemas herdeiros da tradição de Cartografia, com limitado suporte de bancos de dados e com o paradigma típico de trabalho sendo o mapa (chamado de "cobertura" ou de "plano de informação"). Foram desenvolvidos a partir do início da década de 80 para ambientes da família VAX e, a partir de 1985, para sistemas PC/DOS, e utilizados principalmente em projetos isolados, sem a preocupação de gerar arquivos digitais de dados. Esses SIG podem ser caracterizados como sistemas orientados a projeto (project-oriented GIS);
- o dos bancos de dados geográficos. Concebidos para uso em ambiente cliente-

servidor, acoplados a gerenciadores de bancos de dados relacionais e com pacotes adicionais para processamento de imagens, chegaram ao mercado no início da década de 90. Com interfaces baseadas em janelas, este grupo também pode ser visto como voltado ao suporte às organizações (enterprise-oriented GIS);

- bibliotecas geográficas digitais ou centros de dados geográficos, produto da evolução do segundo grupo. Estão começando a chegar ao mercado e caracterizam-se pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes locais e remotas, com interface via WWW (World Wide Web). Requerem tecnologias como bancos de dados distribuídos e federativos permitindo interoperabilidade, ou seja, o acesso às informações por deferentes SIGs. São sistemas orientados para troca de informações entre organizações e cidadãos, acessando bases de dados públicas (society-oriented GIS).

### **Disciplinas envolvidas**

SIGs são verdadeiramente uma aventura multidisciplinar, recebendo contribuições de inúmeras áreas para fixação de seus conceitos, e para o projeto, desenvolvimento, implementação e uso de seus produtos. SIG representa uma convergência de campos tecnológicos e disciplinas tradicionais. Dentre estas, as principais são:

- sensoramento remoto e GPS: sensoramento remoto é a tecnologia que permite medir porções de terra utilizando sensores e câmeras transportados por aviões e satélites; GPS (Global Positioning System) são sistemas que dão, por triangulação com satélites, as exatas coordenadas de um ponto. As imagens aéreas e do espaço são uma das fontes principais dos dados geográficos; dados capturados e tratados por esses sistemas podem ser fundidos com outras camadas de dados em um SIG (doravante a expressão “camada” será utilizada no sentido de sobreposição de informações provenientes de diversos “mapas” eletrônicos) - na literatura, essa fusão de camadas é chamada usualmente *overlay*;
- fotogrametria: técnica bastante antiga (basicamente fotografias aéreas), e que tende a ser substituída pelo sensoramento remoto, mas que ainda é a fonte de um grande volume de dados sobre o terreno e uma das principais entradas num SIG;
- cartografia convencional, outra grande, talvez a principal, fonte de dados de entrada num SIG - esses dados obviamente são mostrados em mapas, o principal campo de estudo dessa disciplina;
- estatística: muitos modelos construídos usando SIG são de natureza estatística, o que implica no uso de técnicas estatísticas para sua análise;
- pesquisa operacional: muitas aplicações de SIG requerem o uso de técnicas de otimização para tomada de decisões;
- e finalmente, a Ciência da Computação, que através de muitas de suas áreas deu contribuição vital aos SIG, principalmente no que se refere a :
  - CAD, que provê recursos para entrada de dados e sua posterior visualização, especialmente em 3D; os CAD, (Computer Aided Design), são sistemas bastante

utilizados para gerar saídas em forma de mapas ou plantas, embora de limitada utilidade para trabalhos mais sofisticados na área dos SIG;

- compugrafia avançada, que fornece recursos de *hardware* e *software* para manejo e apresentação gráficos;
- sistemas de gerenciamento de banco de dados (DBMS), que contribuem para a representação de dados em forma digital, procedimentos para projeto de sistemas e manejo de grandes volumes de dados, particularmente para recuperação e atualização dos mesmos;
- inteligência artificial, que permite utilizar o computador como um especialista para tomada de decisões, fazendo escolhas baseado nos dados disponíveis.

### Áreas de aplicação

Os SIG têm aplicações numa enorme variedade de campos: Logística, Geologia, Agricultura, Planejamento, Segurança Pública, Preservação de Recursos Naturais e muitos outros. Em quase todos esses campos, há necessidade de ênfase na coleta, integração e análise de dados espaciais, que naturalmente podem ser tratados por um SIG, razão pela qual a tecnologia dos SIG pode ser considerada uma *enabling technology*, no sentido que tem potencial de atender às necessidades supramencionadas.

### Processos de um SIG

Operando em qualquer uma dessas áreas, pode-se dizer que um SIG de uso geral executa cinco processos básicos, conforme se segue:

- Entrada de Dados: antes que os dados possam ser utilizados por um SIG, os mesmos devem ser convertidos para um formato digital adequado - esse é o trabalho que usualmente consome mais tempo dentre os que se está analisando. Em compugrafia, esse processo é chamado genericamente de digitalização - atualmente, esse processo pode ser feito através de escaneamento, de forma bastante automática, se bem que o uso de mesas digitalizadoras manuais ainda possa ser interessante em determinadas situações. Durante o processo de entrada de dados, estes precisam ter suas características identificadas (por exemplo, num mapa de rede elétrica, tem-se que dizer ao sistema quais os postes, as torres, os transformadores, etc.) - além disso, por mais desenvolvidos que sejam os *scanners*, às vezes problemas prosaicos, como sujeira num mapa por exemplo, podem gerar conexões entre duas linhas que em realidade não deveriam estar conectadas - essas informações precisam ser editadas ou removidas dos arquivos digitais que estão sendo criados, conforme se pode ver no item abaixo. Atualmente, muitos bancos de dados geográficos já estão organizados de forma compatível com os SIG, podendo ser obtidos junto a *vendors* e carregados diretamente num SIG;
- Manipulação: muitas vezes, os dados exigidos por um determinado SIG necessitam ser manipulados de alguma forma para que se tornem compatíveis com o

sistema em uso ou aplicação em desenvolvimento. O exemplo mais típico dessa situação, é o de informações disponíveis em diferentes escalas, que precisam ser trazidas para uma base única. Outro exemplo poderia ser tornar compatíveis entre si informações obtidas através de fotos de satélite com outras provenientes de mapas. No caso das fotos de satélite, elas devem ser processadas e interpretadas por computador, que normalmente as transformará num “mapa”, que será transferido para um SIG. A tecnologia disponível oferece várias ferramentas para esse trabalho, bem como para “corte” de informações desnecessárias, geralmente obtidas a partir de mapas e cuja manutenção e processamento apenas encareceria o processo;

- **Gerenciamento de Dados:** no caso de pequenos projetos, pode ser suficiente o armazenamento de dados simplesmente como um conjunto de arquivos. No entanto, quando o volume de dados, o número de usuários e a complexidade da aplicação aumentam, torna-se indispensável o uso de um Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (DBMS). Até o momento, os DBMS relacionais tem sido os mais utilizados para essa finalidade, principalmente por sua flexibilidade - e por que não dizer, por serem atualmente os mais utilizados em quase todas as áreas.

- **Query e Análise:** tão logo se tenha um SIG funcionando, pode-se obter do mesmo respostas a questões simples, como: quem é o dono de determinado terreno? Qual a distância entre dois dados pontos? Onde se localiza o Distrito Industrial? - cada uma dessas questões diretas, é chamada *query*. Podem também serem feitas questões analíticas, que exigem cruzamento e análise de dados para serem respondidas, tais como: “Exibir todas as áreas adequadas à construção de conjuntos residenciais”; “Qual o tipo de solo dominante nos parques públicos da cidade?”; “Se for aberta uma avenida entre dois dados pontos, como ficará o tráfego na área?”. Os modernos SIG não só são extremamente ágeis para analisar dados geográficos e identificar padrões e tendências, como também para processar questões do tipo “o que..., se...” (*what if*). De suas ferramentas sofisticadas de análise, dois tipos se destacam: as de “Análise de Proximidade”, que buscam responder a questões do tipo, “Quais lotes estão até a 50 metros dessa adutora? ; “Qual o número de consumidores num raio de 11 quilômetros dessa loja?”, etc.

Para responder a questões como estas, os SIG se utilizam de um processo chamado *buffering*, que determina as relações de proximidade entre as entidades consideradas. O segundo tipo, é o de “Análise por Overlay”, de que já falamos anteriormente. Em jargão de bancos de dados, um *overlay* poderia ser chamado de *spatial join*, partindo de mapas separados que gerariam um único em que seriam consolidadas as informações desejadas.

- **Visualização:** para grande número de aplicações geográficas, o resultado de um processamento pode ser mais bem visto e entendido se apresentado através de um mapa ou gráfico, que têm sido por muito tempo quase que as únicas ferramentas dos atuais usuários de SIG. No entanto, esses agora podem prover um grande número de diferentes “saídas”, quer fundindo mapas e gráficos em relatórios, quer

os integrando a visões tridimensionais, imagens fotográficas, multimídia, etc. De qualquer forma, a compugrafia abriu um grande leque de novas ferramentas e oportunidades para esses usuários.

Neste ponto, torna-se interessante apresentar duas famílias de ferramentas para SIG, de forma a que se possa ter uma visão de como um sistema "real" se apresenta e da diversidade de enfoques adotados.

## **O ArcInfo**

A primeira família a ser apresentada é o ArcInfo, do Environmental Systems Research Institute - para facilidade, serão referidos genericamente como "Arc" e "ESRI". A razão pela qual escolheu-se o Arc foi sua imensa popularidade, sendo talvez a mais conhecida família de ferramentas SIG hoje no mercado, com mais de cem mil usuários, segundo o ESRI - apesar de tratar-se de um conjunto de sistemas bastante complexo, é popular por ser bastante completo.

Arc, que começou a tomar sua forma atual nos anos 80 - na realidade em suas origens, era mais um sistema CAD (e vetorial) - é um sistema cliente-servidor, processado sob Unix ou Windows NT (ainda resiste ao tempo uma versão DOS), sendo implementado como um cliente do Spatial Database Engine (SDE) - um servidor voltado para dados espaciais, e tem a capacidade de integrar dados provenientes das mais diversas fontes, como fotografias, documentos escaneados, imagens de satélites, desenhos CAD, GPS, dados provenientes de outras fontes e organizados sob as formas *raster* ou vetorial, e até mesmo, som e vídeo. Em termos de linguagens, pode ser customizado para trabalhar com Visual Basic, Power Builder, C++ e outros ambientes padrão de desenvolvimento.

O Arc incorpora ferramentas como o ArcTools, que permite acessar funções de geoprocessamento através de uma interface visual - que embora não muito completa, permite que iniciantes a utilizem com mais facilidade - essa interface também torna mais produtivo o trabalho quando não se acessa funções mais sofisticadas do sistema (enquanto operando na forma de comandos, o Arc tem comandos de sintaxe do tipo "COMANDO parâmetro1 parâmetro2").

O módulo ArcPlot é o subsistema interativo cartográfico/topográfico do Arc que tem como função principal gerar mapas. Possui uma grande biblioteca de ícones e editores de ícones para personalização das saídas, que podem ser em tela, impressas ou via *plotter*, além de digitais para integração com outros sistemas e que permite análise e visualização de dados espaciais.

Há também o módulo ArcEdit, que tem como função principal editar os gráficos (mapas) gerados e as bases de dados através de comandos como "move", "copy", "add", "delete", "reshape" e "update", que permitem "corrigir" pontos, linhas, superfícies e anotações cartográficas. O módulo permite também transferir características de uma base dados para outra.

Arc incorpora também o Open Development Environment (ODE), que customiza o Arc utilizando as linguagens acima mencionadas e a ARC Macro

Language (AML), destinada a customizar e automatizar as operações do sistema através da construção de menus.

Também deve ser mencionada a possibilidade de conexão ao SAP R/3, talvez o mais conhecido software de gestão empresarial (ERP) ora disponível. Essa conexão, já disponível para vários módulos do R/3, como por exemplo "Materials Management", "Plant Maintenance", "Sales and Distribution" e "Asset Management", talvez tenha sido a primeira entre sistemas dessas espécies (ESRI, 2001), e pode abrir possibilidades inteiramente novas para os SIG, incrementando ainda mais seu uso - é algo a que os profissionais de ambos os campos devem ficar atentos.

### **O projeto Idrisi**

Outra família de ferramentas é a Idrisi, desenvolvida pela Clark University de Massachusetts, nos Estados Unidos (CARTWRIGHT, 1991). Essas ferramentas, doravante genericamente chamadas Idrisi, são produzidas no âmbito do projeto do mesmo nome, são pacotes *raster* voltados para ambiente PC/Windows (ainda está disponível uma versão DOS), contando com mais de 20 mil usuários, o que faz deles o SIG *raster* mais utilizado no mundo.

Uma das coisas mais interessantes acerca do projeto é que o mesmo não visa a lucro, pois seus dirigentes dizem "acreditar na democratização da tecnologia, e que ferramentas como os SIG não devem ser reservadas para aqueles que dispõem de grandes recursos, mas sim, devem estar disponíveis àqueles que delas necessitam" (IDRISI, 1998) - isso torna seus custos bastante acessíveis. Idrisi, apesar disso, é um software de nível profissional, apresentando todas as características comuns aos SIG: capacidades analíticas, de produção de mapas, GUI, etc. - também estão "embutidos" no projeto, suporte ao usuário, treinamento, e, evidentemente pesquisa, pois afinal, trata-se de um projeto da Universidade - os recursos para o mesmo provem de várias fontes, entre as quais, as Nações Unidas.

A título de curiosidade, Idrisi não é uma sigla, mas o nome de um geógrafo e cartógrafo árabe que viveu no século XII, e cujos trabalhos foram fontes de referência a navegantes e pesquisadores durante mais de 500 anos.

### **O ciclo de vida de um SIG**

Agora que já se tem uma visão de que é e de como funciona um SIG, e tendo em vista o objetivo deste trabalho, que é o de mostrar SIG principalmente do ponto de vista de um profissional de Administração ou Tecnologia da Informação que pretende aplicar um desses sistemas em sua organização, é apropriado fazer-se algumas considerações sobre o ciclo de vida de um desses sistemas - que não é substancialmente diferente do de um sistema convencional.

- Planejando: como sempre deve acontecer quando se começa a usar uma nova tecnologia, algumas cautelas são recomendadas. Planejamento é necessário; consultores, fornecedores de tecnologia e usuários mais experientes devem ser ouvi-

dos. A fase de planejamento envolve a busca sistemática de informações acerca dos usuários do sistema, de seus dados e de suas necessidades de informação. Nesta fase, deve-se dar conhecimento dos custos e benefícios do SIG aos tomadores de decisões, bem como incluir os usuários potenciais no processo de planejamento, de forma a que eles recebam conhecimentos básicos acerca da tecnologia. Uma vez que se tenha uma compreensão completa de necessidades de usuário, pode-se iniciar a segunda fase, a de desenho do sistema.

- **Desenhando:** a fase de desenho deve traduzir as necessidades do usuário em funcionalidades do SIG. Essa fase não só inclui a escolha de hardware e software, mas também o desenho do banco de dados, aqui considerados as escalas dos mapas envolvidos, os sistemas de coordenadas e de projeções, e o início da construção do dicionário de dados - o estabelecimento e manutenção de um dicionário de dados robusto são essenciais a qualquer SIG. Nessa fase deve ser gerado um plano básico de implementação, que sempre que possível deve ser incremental, para conferir maior segurança ao processo de implementação - é altamente recomendável o desenvolvimento de um protótipo ou projeto piloto, de forma a que a experiência adquirida possa favorecer a implementação do sistema como um todo.
- **Implementando:** durante a fase de implementação, além dos trabalhos normais de instalação de software, que não são objeto deste trabalho, deve ser providenciado o treinamento dos usuários, requisito chave para o sucesso do projeto - num SIG o treinamento é mais importante que num sistema convencional. Não se trata apenas de treinamento dos usuários dos produtos do sistema e daqueles que executarão tarefas acessórias, como entrada de dados, por exemplo. Todos aqueles de uma forma ou outra envolvidos com o projeto, mesmo que de forma indireta, deverão ser alertados sobre as mudanças que o SIG introduzirá em seu trabalho. Informações adicionais acerca dessa fase podem ser encontradas em BLINN (1992).
- **Dando manutenção:** Finalmente, uma aplicação SIG deve ser mantida, não só em termos de programas de computador como de integridade de dados e suporte aos usuários. Em alguns casos, um SIG é projetado para satisfazer as necessidades de um projeto específico, finito; em outros são sistemas para uso contínuo. Na primeira situação, concluído o projeto, evidentemente a manutenção não será considerada; porém, lembrando que num projeto SIG o custo dos dados é usualmente muito significativo, deve-se atentar para a possibilidade de os dados gerados para o projeto original poderem ser úteis a outros projetos ou usuários. Nessas situações, um dicionário de dados poderoso será vital para determinar a utilidade dos dados existentes para outros usos. No caso de um sistema de uso permanente, a manutenção constante servirá para que o mesmo continue a cumprir suas finalidades; essa manutenção inclui atualização de *hardware*, *software* e das base de dados, bem como a adição de dados novos e constante informação de todos os usuários.