

APLICAÇÃO DE SIG NA GERAÇÃO DE CARTAS DE FRAGILIDADE

Marcos Reis Rosa *
Jurandyr Luciano Ross **

RESUMO

Este trabalho objetiva discutir os vários aspectos relacionados aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) sob o foco de sua utilização para as disciplinas ligadas às Geociências, mais especificamente para a Geografia. Com isso, pretende-se orientar sobre quando esta tecnologia se torna interessante e ressaltar quais preocupações devem nortear seu processo de implementação.

Em um primeiro momento, propõe-se uma classificação desta tecnologia em etapas distintas e, através da descrição e análise de cada uma delas, pretende-se esclarecer e solidificar uma série de incertezas e conceitos que existem nesta área. A intenção é não se aprofundar nos processos computacionais, mas, em alguns casos, isto é necessário para possibilitar a discussão.

Num segundo momento, procura-se demonstrar a utilização do SIG através da elaboração de uma Carta de Fragilidade do Relevo-Solo para exemplificar a aplicação das definições e metodologias descritas no início do trabalho. Os dados utilizados na aplicação prática têm como fonte a Carta Bauxi - MT, Folha SD.21-Z-C-I da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Ministério do Exército, na escala 1:100.000 - 1975, Imagem de Radar da mesma região na escala 1:100.000 e Carta de Solos do projeto Radam-Brasil na escala 1:1.000.000.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Tema

A informação é um componente essencial na tomada de qualquer decisão, tanto em empresas privadas quanto em órgãos públicos. O trabalho de coleta e organização de informações e a manutenção de sua atualização consomem tempo e custo significativos dentro de qualquer projeto.

Existem sistemas computacionais com a finalidade de capturar, armazenar, gerenciar e ana-

lisar informações e, aqueles que, mais especificamente, são capazes de trabalhar com informações georeferenciadas, que, a partir de um sistema de projeção definido, podem ser localizadas em algum ponto da superfície terrestre. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitem, através destas informações, um melhor monitoramento, gerenciamento e planejamento do espaço e dos elementos localizados sobre ele.

(*) Geógrafo formado pelo Depto. Geografia - FFLCH - USP.

(**) Prof. Dr. do Depto. Geografia - FFLCH - USP - orientador.

2. OS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

2.1 Definição

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), tradução do Inglês *Geographic Information System* (GIS), são sistemas computadorizados capazes de manipular informações geo-referenciadas. Isto compreende capturar, armazenar, gerenciar, analisar e exibir dados com um componente espacial, de localização e atributos que os descrevem, construindo assim, um modelo digital de uma abstração do mundo real. Este modelo é construído através de uma série de filtros que controlam o tipo de informação a ser armazenado, seu detalhamento, precisão e atualização.

De acordo com Alves (1990): "Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Estes sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, imagens de satélite, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados."

SIG não é somente o software responsável pela manipulação digital de informações geo-referenciadas em meio digital. Ele também engloba o conjunto de conhecimentos teóricos relacionados a este modelo digital da realidade. Conhecimentos que abrangem desde a metodologia de criação, a estrutura de armazenamento, as técnicas de atualização e gerenciamento da base até as aplicações e análises possíveis de serem realizadas. De acordo com Rodrigues (1990):

"1. SIG, *stricto sensu*, que denota software ...

2. SIG, *lato sensu*, que denota software, hardware, procedimentos de entrada e saída de dados, fluxos de dados de fornecedores para o sistema e deste para os consumidores; norma de

codificação de dados; normas de operação; pessoal técnico; etc ., ..."

Não existem termos distintos que diferenciem o conceito da tecnologia SIG, do software propriamente dito.

2.2 Histórico

Os primeiros projetos relacionados a Sistemas de Informações Geográficas datam do final dos anos 70, principalmente nos EUA e em poucos países da Europa.

As iniciativas eram, normalmente, isoladas, atendendo às necessidades específicas de algumas áreas de aplicação. Como resultado destas iniciativas, surgiram sistemas que foram se aprimorando e atendendo às mais diversas áreas que se baseiam em informações espaciais.

No Brasil, baseados em experiências e sucessos estrangeiros, surgiram alguns projetos de SIGs, normalmente ligados à área urbana. Os resultados, no entanto, não foram os esperados, devido aos altos custos, à falta de experiência e de conhecimentos. Estas iniciativas pioneiras frustradas desestimularam outros projetos e geraram algumas apreensões com relação aos SIGs e estiveram presentes durante quase toda a década de 80. As instituições públicas sabiam não possuir condições de viabilizar estes projetos devido aos altos custos e longos prazos para atingir algum resultado concreto; as instituições privadas não vislumbravam neles nenhum retorno financeiro; o meio acadêmico duvidava da confiabilidade e qualidade de seus produtos.

Hoje, vivencia-se um momento de mudança. "É difícil precisar quando essas tecnologias apoiadas em Informática ganharam popularidade. Talvez este momento, especialmente no Brasil, seja agora, neste final de século, em que os principais órgãos de planejamento, empresas de

consultoria, empresas privadas e universidades desenvolvem programas ou adquirem sistemas de geoprocessamento para execução de trabalhos e gestão de suas atividades." (Rosa, 1997). Recentemente, apesar da grande maioria dos projetos ainda se encontrarem em processo inicial, já se podem observar os primeiros frutos da utilização destes sistemas.

Podem-se identificar três fases distintas do Geoprocessamento no Brasil:

1. '70s - iniciativas pioneiras, que incorreram com todo o ônus do desbravamento. Havia o entendimento a ser resolvido, a formulação de soluções não era embasada em corpo metodológico e os recursos de hardware e software inadequados. As circunstâncias, é claro, eram desfavoráveis.
2. '80s - poucas iniciativas. Hardware e software apenas transpunham um limiar de atendimento de necessidades. Conceitos e métodos pouco disseminados. Predominaram o ceticismo e o marasmo. As circunstâncias não eram ainda favoráveis.
3. '90s - entusiasmo e ação. Hardware e software atendem a necessidades básicas. Há conhecimento conceitual e metodológico básico. As circunstâncias parecem favoráveis." (Rodrigues, 1995)

2.3 Fatores que favorecem a expansão

A necessidade de trabalhar de maneira organizada com informações espaciais sempre houve. É importante ressaltar alguns dos principais fatores que permitiram o aperfeiçoamento e a maior difusão desta tecnologia:

1. Introdução de novas técnicas de Sensoriamento Remoto, Topografia e Aerolevantamentos que têm viabilizado a criação da base de dados geo-referenciada, elemento fundamental aos SIGs, com maior detalhamento e precisão, com menor tempo e menor custo para atualização dos dados.
2. Evolução dos microcomputadores possibilitou a utilização de máquinas de baixo custo, uma vez que, por trabalhar com dados gráficos, estes sistemas necessitam de grande capacidade de processamento e armazenamento.
3. Diminuição do custo e evolução dos periféricos específicos para manipulação de dados cartográficos, como mesa digitalizadora, plotter, scanner e monitor de alta resolução, deram um grande impulso à utilização dessa tecnologia.
4. Evolução dos softwares específicos para processamento espacial. Os primeiros softwares são datados da década de 70. No decorrer dos anos, a utilização desta tecnologia tem-se tornado cada vez mais simples, ficando acessível a um maior número de pessoas dos mais diversos campos de atuação, possibilitando sua difusão.
5. Expansão dos conhecimentos conceituais e metodológicos sobre a tecnologia com publicações nacionais e internacionais e discussões teóricas em feiras, encontros e cursos de especialização.

Em relação ao Brasil, pode-se identificar um enorme apoio a estes sistemas na forma de empréstimos internacionais, principalmente do Banco Mundial, para que as instituições públicas invistam nessa área quando da elaboração de inventários, diagnósticos ambientais, zoneamento

e outras atividades, especialmente vinculadas ao planejamento ambiental, estadual, regional e municipal.

2.4 Fatores que dificultam a expansão

É importante ressaltar alguns fatores que dificultam a expansão dos SIGs, entendendo-os como dificuldades que precisarão ser superadas para que estes sistemas se cristalizem no tratamento de informações especializadas.

1. A grande maioria dos projetos que estão aplicando os SIGs são derivados de instituições governamentais. Quando não bem estruturados, estes sistemas são congelados nas trocas administrativas. Algumas instituições evitam investir nestes projetos que, por serem de longo prazo, nem sempre é possível concluí-los ou desfrutar de seus resultados em um mesmo mandato político.

2. Usuários: ainda não existem, no mercado de trabalho, profissionais suficientemente capazes de aproveitar todo o ferramental disponível nestes sistemas. "Com a maior facilidade de acesso aos novos equipamentos devido à diminuição dos custos e a disseminação de programas vinculados a diversas especialidades, o maior problema reside, atualmente, na formação técnica para uso desses recursos" (Rosa, 1996). Os SIGs englobam um conhecimento muito amplo e distinto, que inclui programação, análise de sistemas, cartografia, geografia e banco de dados. Atualmente, a criação de matérias de especialização em cursos universitários tem auxiliado na formação destes profissionais.

3. Base de dados: os SIGs apóiam-se sobre dados de localização, portanto, dependem de uma base cartográfica adequada às necessidades impostas pela aplicação. Há, principalmente no Brasil, uma enorme deficiência de informações, tanto cartográficas quanto cadastrais, informações es-

tas, de nível local, como Mapeamento Urbano Básico (MUB) que engloba logradouros, quadras e lotes ou de nível regional, com temas de cobertura vegetal, solos, geologia, altimetria em suas diversas escalas. Não existe no país uma política de manutenção das bases de dados existentes e mesmo as bases cadastrais municipais normalmente precisam ser totalmente refeitas, elevando o custo da implantação dos SIGs.

4. Falta de experiência e de domínio da tecnologia tanto das empresas que revendem, desenvolvem sistemas de informações e criam as bases de dados, quanto dos usuários no momento de especificar o que querem. Faltam, no Brasil, exemplos reais de implementação com sucesso, comprovando um ganho de qualidade e de retornos financeiros, capazes de atrair empresas privadas.

3. ANÁLISE TEÓRICA

3.1 Modelagem e Criação da Base Geográfica

Esta é a fase que necessita de maior cuidado, pois todos os resultados posteriores basear-se-ão nas informações provenientes deste trabalho. "A modelagem de dados surge como uma ferramenta conceitual para o auxílio na organização, formalização e na padronização da representação de objetos do mundo real ..." (Borges; Fonseca, 1996)

Os dados trabalhados por SIGs possuem características específicas. São dados formados por um componente gráfico, que localiza espacialmente cada elemento, e um componente alfanumérico, que os descreve. Esta base é denominada de Base Geográfica.

No Brasil, em especial, há uma carência muito grande de dados, tanto cartográficos quanto descritivos. Falar em uma base geográfica aqui, portanto, significa pensar como será seu processo de criação.

Antes da criação da base de dados, é imprescindível definir-se a sua utilização, para que se possa realizar em seguida, a modelagem de dados, definindo-se o que e como será esta base. "Um modelo de dados fornece ferramentas formais para descrever a organização lógica de um banco de dados, bem como define as operações de manipulação de dados permitidas" (Câmara; Casanova; Hemerly; Magalhães; Medeiros, 1996).

A modelagem da base será a referência utilizada no processo de criação da base de dados a fim de se estabelecerem os limites do que é possível esperar como resultado: "uma adequada modelagem de dados aliada à correta seleção e especificação da tecnologia a ser utilizada pode ser a diferença entre o sucesso ou não de um empreendimento SIG" (Quintanilha, 1995).

Ela passa por um processo de abstração da realidade, que objetiva "isolar aspectos que não sejam relevantes para o objetivo proposto, de forma a reduzir a complexidade do problema" (Borges; Fonseca, 1996). Assim, para modelar a base de dados, é essencial que os objetivos de curto, médio e longo prazo já estejam estabelecidos. As aplicações oferecidas pelos SIGs sempre serão condicionadas por uma base de dados adequada.

Durante o processo de modelagem dos dados, devem-se considerar e definir os seguintes tópicos:

3.1.1 Temas

A base de dados de um SIG é organizada por temas que contêm as características gráficas e descritivas de um determinado tipo de informação. O tema, normalmente, é um único tipo ou classe de informação, por exemplo, solo, vegetação, geologia, declividade, arruamento, lotes, rede elétrica, etc., representado por uma única fei-

ção gráfica, pontos, linhas ou polígonos. Explicando: o tema "vegetação" compõe-se pelas delimitações gráficas de manchas de vegetação diferentes e os atributos que descrevem cada um dos tipos de vegetação; o tema "altimetria" compõe-se pelos pontos cotados, pelas curvas de nível e pelo atributo da cota altimétrica de cada um dos elementos gráficos.

3.1.2 Sistemas de Projeção Cartográfica

Armazenam-se os dados cartográficos dos SIGs em um sistema de projeção definido. Isto possibilita a junção de cartas adjacentes e o encaixe exato dos diversos temas quando sobrepostos.

Os sistemas de projeção utilizam-se de superfícies geométricas (cilindros, cones, planos...) para criar uma representação plana da superfície tridimensional da Terra. Esta representação baseia-se em um sistema de coordenadas que torna possível a representação de qualquer elemento da superfície terrestre.

O Sistema de projeção mais utilizado no Brasil para as cartas topográficas em escala 1:250.000 e maiores é o Sistema UTM (Universal Transverso de Mercator) que utiliza como superfície auxiliar um cilindro secante a superfície terrestre. O cilindro transverso secante é aplicado a cada fuso de 6°, dividindo a terra em 60 fusos, numerados a partir do anti-meridiano de Greenwich.

3.1.3 Escala e precisão

A escala é um componente que também precisa ser muito bem estudado. Quanto maior a escala, maior o tempo e o custo envolvidos na criação da base. Deve-se estabelecer qual a escala necessária para atender às aplicações propostas e qual o nível de precisão requerida para esta base de dados.

Não é necessária uma base de dados perfeita para se trabalhar com Sistemas de Informações Geográficas.

Esta é uma afirmação muito perigosa, principalmente ser for mal explicada ou interpretada. Se o objetivo da aplicação em SIG é localizar as melhores rotas para distribuição de pizza, por que se investiria em um recobrimento aerofotogramétrico na Escala 1:8.000 com uma restituição digital na escala 1:2.000? Isto implicaria em um custo e um tempo de preparação tão altos que tornariam o projeto inviável. Uma base do arruamento na escala 1:5.000, sem muita precisão, mas que tenha todas as ruas e endereços cadastrados atenderia, da mesma maneira, a esta necessidade com um custo muito menor.

Se a intenção é trabalhar com cadastro urbano para cobrança de IPTU, uma base criada com uma qualidade inferior à descrita no exemplo acima (1:2.000) implicaria em uma série de erros no cálculo das áreas de cada lote, o que, fatalmente, também tornaria o projeto inviável.

Explicando melhor a afirmação: realmente não é preciso uma base de dados perfeita, **é preciso uma base de dados adequada à aplicação proposta.** A base de dados tem que ser muito bem documentada para que esteja claro até que ponto pode-se confiar nela, quando é necessária uma nova conferência em outras fontes ou em campo, ou quando não é possível utilizá-la.

3.1.4 Atualização

O grau de atualização também possui características muito semelhantes à escala. Manter a base de dados atualizada implica no desenvolvimento de uma rígida metodologia de trabalho. **A aplicação determinará qual o grau de atualização necessária para cada tema.** A evolução do Sensoriamento Remoto tem dado uma grande ajuda para aplicações ambientais ou regionais, fornecendo dados

a um período cada vez mais curto de tempo e com precisão cada vez maior.

3.1.5 Atributos

Ainda no processo de modelagem da base, definem-se quais atributos serão criados para cada tema. É importante selecioná-los de acordo com as aplicações previstas, para que futuramente elas não fiquem restritas à base de dados por falta de informações ou para que não existam dados desnecessários, aumentando o tempo e o custo de criação desta base.

É muito importante a definição de uma codificação que identifique e individualize cada entidade gráfica como um único elemento ou como uma única classe de elementos.

3.1.6 Formas de Armazenamento

Existem diversas formas de armazenamento dos dados em formato digital, cada uma com características específicas, mais apropriadas para determinados elementos e/ou aplicações.

Modelo Vetorial

Segundo Bertin, uma superfície plana pode conter três tipos de figuras geométricas utilizadas na representação gráfica: o ponto, a linha e o polígono. O modelo vetorial armazena um plano cartesiano para representar essas três formas de implantação:

Ponto: Feição definida por apenas um par de coordenadas x,y que representa objetos de comprimento e área desprezíveis para a escala de trabalho. Por exemplo: postes, pontos cotados, cidades, localidade, etc.

Linha: Feição definida por uma sequência ordenada de coordenadas x,y que possui como caracte-

rística principal o comprimento, conexões e direção. Por exemplo: hidrografia, estradas, rede elétrica, etc. **Polígono:** Feição definida por uma seqüência de linhas conectadas e fechadas que definem a borda de áreas homogêneas. Por exemplo: uso do solo, vegetação, cidades, quadras, lotes, padrões de forma de relevo, etc.

As cidades foram utilizadas para exemplificar tanto os pontos como os polígonos. Isto acontece porque não existe uma única maneira de representação da realidade. No processo de modelagem de dados definem-se as propriedades necessárias de cada elemento. Se a intenção for obter a localização das cidades, estas podem ser modeladas como pontos. Se a intenção for obter área da mancha urbana das cidades, estas podem ser representadas como polígonos. De acordo com o objetivo, devem-se estabelecer as propriedades mais importantes de cada tipo de informação e, a partir daí, escolher o elemento gráfico que preserve estas características.

Modelo Matricial ou Raster

O modelo matricial, também chamado de "raster" ou estrutura celular, armazena todas as informações dentro de uma malha, ou grid, composta por um determinado número de linhas e colunas "onde cada célula representa uma porção do documento, denominada pixel ("picture x element"). O valor associado a cada pixel é uma potência de base 2 o qual é denominado nível de cinza, sendo que zero representa preto e o máximo valor ($2^n - 1$) representa branco, onde n é o número de bits utilizado na representação digital ... que varia de 2, 4, 6 ou 8, que representam 2, 16, 64 e 256 diferentes níveis de cinza respectivamente." (Quintanilha, 1995).

Este formato de dados é normalmente utilizado para armazenar, em meio digital, imagens, fotografias aéreas ou imagens de satélite, ou da-

dos que possuem uma variação contínua, como os modelos digitais do terreno.

3.1.7 Entrada de Dados Gráficos

O processo de entrada de dados envolve a conversão de dados oriundos de diferentes fontes para o formato digital. Os processos de aerolevanteamento e interpretação de imagens de satélite atualmente já podem dar origem a produtos em formato digital nos casos da execução de uma restituição digital.

Outro processo comum é o levantamento topográfico, através da forma tradicional, por teodolitos, ou através de GPS (*Global Position System*). Existem maneiras e métodos de transformar diretamente em mapas digitais os dados coletados com estes equipamentos.

Atualmente, no entanto, grande parte dos dados ainda é convertida a partir da digitalização de cartas existentes em formato analógico.

Digitalização em mesa

A digitalização em mesa consiste no processo de conversão de dados para o formato vetorial através da utilização de uma mesa digitalizadora, também conhecido apenas por digitalização. Este equipamento consiste em uma "superfície sensora plana, sob a qual existe uma rede ortogonal utilizada para determinar impulsos elétricos dentro de cada célula dessa rede. Esse sinal elétrico geralmente é transmitido através do acionamento de um cursor que, ao percorrer a superfície da mesa, indica sua posição" (Quintanilha, 1995). O digitalizador se utiliza desta capacidade para movimentar o cursor seguindo os elementos que deseja introduzir no computador. A mesa digitalizadora capta e transfere ao computador a coordenada de cada ponto. O computador pode processá-la, convertendo a um sistema de coordenadas previamente estabelecido ou apenas armazená-la.

Pode-se optar por duas maneiras de digitalização:

– ponto a ponto: no qual o usuário move o cursor sobre a mesa digitalizadora e aperta o botão sobre os pontos que deseja armazenar;

– contínuo: o usuário aperta o botão uma vez e o sistema começa a armazenar as coordenadas de todos os pontos pelos quais o cursor se movimenta.

Os dados provenientes da digitalização em mesa já estão no formato vetorial, sendo necessário somente um controle de qualidade, a criação da topologia e de atributos.

Grande parte do processo de digitalização através de mesa é realizada através de CADs (Computer Aided Design ou, Desenho Auxiliado por Computador). São sistemas orientados para criação de elementos gráficos não possuindo funções específicas para criação de dados topológicos. No entanto, são mais conhecidos que os SIGs, o que facilita o processo de planejamento e execução dos projetos.

Os elementos espaciais criados necessitam passar por um processo de adequação e correção antes de serem convertidos para o SIG. As funções de CADs e SIGs são muito diferentes, assim como os modelos de dados.

Rasterização/Vetorização

O processo de rasterização consiste na conversão de elementos do meio analógico para o formato raster. Realiza-se este processo através de um "scanner", equipamento capaz de criar imagens "raster" através da absorção e reflexão de luz por determinado documento. As partes mais escuras absorvem a luz enquanto as claras a refletem.

São necessários ajustes nos elementos a serem "scanerizados". No caso de uma fotografia ou imagem de satélite, deve-se realizar o regis-

tro, que consiste na criação de referências da imagem "raster" a um sistema de coordenadas e a retificação, que ajusta esta imagem às coordenadas reais.

Os elementos "scanerizados" podem ainda necessitar de uma conversão para o formato vetorial, quando se tratam de mapas. Este processo de vetorização pode ser executado de três formas diferentes:

Manual: A imagem "raster" é utilizada somente como um pano de fundo que serve de orientação para que o usuário faça a digitalização sobre a própria tela do computador;

Semi-Automática: Trabalha com imagens em branco e preto. O sistema identifica seqüências de células de mesmo valor na imagem para geração das linhas e o usuário intervém nos momentos onde existem bifurcações, para orientá-lo por onde seguir;

Automática: O computador converte todos as células de um mesmo valor em elementos vetoriais. O resultado sempre apresenta "ruídos" que devem ser eliminados com um tratamento posterior. Todos os textos, símbolos e sujeiras presentes no mapa-fonte são convertidos em arcos.

3.1.8 Topologia

A topologia é uma característica fundamental dos SIGs. Ela é a capacidade de identificação das relações espaciais existentes entre os diversos elementos gráficos. É responsável por características como a conectividade e o estabelecimento da direção dos arcos, a identificação e criação dos polígonos a partir de uma série de arcos conectados e fechados e a adjacência entre os polígonos que compartilham um mesmo arco. No processo de criação da topologia, cada elemento é diferenciado e identificado, o que torna possível associar-lhe atributos descritivos. Esta rela-

ção entre elementos gráficos e seus atributos alfanuméricos é o ponto de partida para os SIGs.

3.2 Pesquisa e Geração de Mapas Temáticos

Quando a base de dados está pronta, a atividade de pesquisa e geração de mapas temáticos torna-se a fase mais importante. Este é o momento quando se podem observar os primeiros produtos dos SIGs. O usuário é capaz de fazer perguntas e obter suas respostas, criar mapas a partir da seleção de temas e da simbolização dos elementos gráficos, criar gráficos, cartogramas, etc.

A base geográfica de dados possui a capacidade de responder a diversos tipos de perguntas devido à característica de armazenar atributos descritivos para cada elemento gráfico. Um tipo de pesquisa bastante utilizado é o de apontar um elemento espacial e saber quais as suas características. Para isso o sistema deixa que o usuário utilize o "mouse" para selecionar um elemento e, então, lista todos os seus atributos descritivos.

Outro tipo de pesquisa comum realiza-se através do estabelecimento de condições. O sistema é capaz de selecionar e apresentar quais elementos atendem às condições, tanto alfanuméricas quanto espaciais, baseado em distâncias ou relações de contingência, adjacência ou conectividade. Exemplificando: saber todos os apartamentos à venda a uma distância de 800 metros do metrô, com dois quartos e uma vaga na garagem ou, todas as manchas de solo do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo com mais de 1000 metros quadrados (é importante lembrar que sempre o resultado estará restrito à existência das informações na sua base de dados).

A produção de mapas é outra atividade fundamental nos SIGs, pois o que os diferencia dos Sistemas de Gerenciamento de Dados comuns é a

capacidade de trabalhar e apresentar os dados gráficos. Os resultados de uma análise com SIGs são, normalmente, mapas acompanhados de relatórios e/ou estatísticas.

Os SIGs tornam a produção de mapas uma atividade simples e rápida, oferecendo um conjunto de facilidades e ferramentas que permitem ao usuário produzir mapas de maneira automática e ágil.

Se é tão simples produzir mapas em SIGs por que a maioria dos produtos derivados destes sistemas é de péssima qualidade cartográfica, não respeitando as regras mais básicas de representação cartográfica?

Junto com a resposta a esta pergunta podem-se apresentar e desmistificar dois mitos opostos que foram criados:

1. para produzir mapas, é melhor utilizar o computador, pois ele faz tudo sozinho.
2. os SIGs não são capazes de produzir mapas de qualidade.

Para discutir este assunto temos que abordar a Cartografia Digital, uma tecnologia voltada à criação de mapas por computador. Ela é muito mais simples do que os Sistemas de Informações Geográficas, principalmente com relação à modelagem de dados, que não precisa ser tão detalhada e completa por não suportar análises e pesquisas.

Ela pode ser baseada em softwares gráficos, tipo CorelDraw ou Adobe Illustrator ou CAD's mas, muitos softwares específicos para SIGs são utilizados somente com esta finalidade. Qualquer que seja o software utilizado, o trabalho de criação de mapas por computador não é simples, pois tem como pré-requisito que a base gráfica esteja inteiramente convertida para o formato digital e trabalhada para poder ser apresentada da forma desejada.

Os softwares gráficos e CAD's possuem como vantagem sobre o SIGs a possibilidade de criar mapas com uma base de dados digital mais simples, ou melhor, que oferece menor trabalho no momento de sua criação. No entanto, não possuem ferramentas específicas para criação de mapas, oferecendo uma série de dificuldades:

1. Não possuem ferramentas para definição de Sistemas de Projeção, obrigando que todos os dados tenham uma mesma fonte.
2. Não possuem recursos automatizados para criação de elementos cartográficos como legenda, escala gráfica, malha de coordenadas, tornando o trabalho de criá-los maior do que o da maneira convencional.
3. Não possuem ferramentas para classificação dos dados, obrigando que a simbolização dos temas seja baseada em uma seleção individual dos elementos ou generalizada para todo nível de informação.
4. Não possuem condições de trabalhar com grande quantidade de informações. Mesmo em máquinas possantes não possuem algoritmos de indexação espacial, o que torna a apresentação gráfica lenta.
5. As ferramentas para colocação e posicionamento de textos descritivos sobre o mapa são muito pouco desenvolvidas, tornando este trabalho muito vagaroso e totalmente manual.
6. Os CAD's possuem poucos e fracos recursos para simbolização dos elementos cartográficos, principalmente em se tratando de polígonos.
7. Os softwares gráficos não possuem recursos para trabalhar com sistemas de coordenadas, fazendo com que a definição

da escala de apresentação e plotagem seja sempre um processo de tentativa e erros resultando em valores aproximados. A precisão das informações também fica comprometida em qualquer necessidade de atualização.

Estes problemas ocorrem nestes softwares não apropriados para trabalhar com informações cartográficas. Mesmo os CADs, que já possuem a vantagem de trabalhar em um sistema de coordenadas planas, não possuem ferramentas para mapas, tornando o trabalho de criação de mapas muito maior do que a sua confecção da forma tradicional. Atualmente, a utilização destes sistemas pode ser justificada por possuírem uma vantagem muito grande sobre a criação convencional. Os mapas criados podem ser reproduzidos infinitas vezes no tamanho desejado, sem grandes dificuldades ou custos. Quando houver a necessidade de uma alteração, apenas os elementos afetados são refeitos e o mapa pode ser inteiramente reproduzido.

Os SIGs, diferentemente dos softwares utilizados para Cartografia Digital pura, são produzidos especificamente para trabalhar com dados geográficos, possuindo recursos específicos para criação de mapas. "Um mapa pode ser uma imagem cartográfica simples ou uma figura formada pela associação de várias imagens cartográficas percebidas simultaneamente pelo leitor" (Joly, 1990). A utilização correta dos recursos cartográficos disponibilizados pelos SIGs são de responsabilidade do organizador do mapa.

Para facilitar a leitura rápida e a assimilação, por um usuário não obrigatoriamente especializado, o organizador do mapa deve escolher a simbologia mais adequada ao tipo de informação que deseja expressar. Segundo Bertin (1977), existem seis grupos de simbologia chamadas de variáveis visuais:

- 1 **cor:** é a variável mais forte, facilmente perceptível e intensamente seletiva; é também a mais delicada para manipular e a mais difícil de utilizar;



- 2 **forma:** permite ao mesmo tempo uma qualificação precisa dos objetos e uma boa percepção de suas semelhanças ou diferenças;



- 3 **valor:** uma boa variável seletiva que permite diferenciar os subgrupos de um conjunto do mesmo tamanho ou da mesma forma e também um bom meio de classificação para ordenar uma série progressiva;



- 4 **tamanho:** pode ser proporcional ao do objeto a representar; é praticamente a melhor expressão de uma comparação entre quantidades distintas;



- 5 **orientação:** na ausência da cor, é uma boa variável seletiva, sobretudo em implantação zonal;



- 6 **granulação:** variações de tamanho dos elementos figurados sem modificação da proporção de cor e de branco por unidade de superfície



A simbologia não é uma característica armazenada graficamente, ela é atribuída no momento da apresentação dos dados, o que dá ao SIGs uma flexibilidade incrível, possibilitando que a simbologia seja baseada nos atributos de cada elemento e alterada de acordo com o objetivo do mapa. Por exemplo, no mapa de vegetação pode-se estipular um símbolo de verde escuro para mata, um verde um pouco mais claro para pastagens, um marrom claro para as áreas desmatadas, mas, se o objetivo é ressaltar estas áreas desmatadas, podem-se representá-las com um vermelho. Em um tema de propriedades rurais, as unidades podem ser classificadas de acordo com sua área, em intervalos definidos automática ou manualmente, e simbolizadas com uma seqüência de cores que varie do amarelo ao vermelho ou do branco ao preto.

A criação dos elementos cartográficos como escala gráfica, legenda e malha de coordenadas é automática. Criam-se legendas com base na classificação e simbologia utilizadas para apresentação de cada tema. A escala gráfica é criada com base na escala definida pelo usuário para plotagem. Gera-se a malha de coordenadas através da especificação de um sistema de projeção (que pode ser diferente do sistema utilizado para armazenar os dados cartográficos) e do intervalo da malha de coordenadas. Para todos estes elementos definem-se os símbolos utilizados, tamanho e localização na página, cor e fonte.

Muitos projetos de implantação de SIGs têm como resultado somente a produção de mapas temáticos. A vantagem de se utilizar um SIG para Cartografia Digital está na facilidade de gerenciar e compilar as informações sobre determinada região e poder recriar os mapas quando as informações se atualizarem. Por exemplo, em uma aplicação urbana na área de planejamento, os SIGs podem ser utilizados para criar os mapas com a distribuição dos equipamentos urbanos (escolas, creches, hospitais ...), com informações sobre a distri-

buição de renda, a densidade populacional, o nível de escolaridade, impostos...

Um dos problemas existentes nesta área ainda é a falta de experiência com a tecnologia, o que gera constantes atrasos, pois o tempo de aprendizagem é lento, e produtos com má qualidade, pois os recursos do sistema são desconhecidos. Este problema atinge também as várias empresas que têm se especializado nesta área, as mais, muitas vezes, não possuem experiência e abrem mão da qualidade do serviço devido ao esforço para aprender a realizar certas atividades.

Existem diversos softwares de SIGs no mercado, cada um deles com características específicas, privilegiando umas ou outras qualidades. É claro que alguns deles podem não privilegiar a qualidade do produto final, outros, a facilidade para criação destes produtos. Mas, o principal motivo da descredibilidade na capacidade cartográfica é culpa dos usuários. O SIG tornou este processo tão simples que qualquer pessoa treinada no sistema é capaz de produzir mapas temáticos, sem conhecer nada de cartografia. Apesar do SIG oferecer os recursos para criação de mapas seguindo todos as necessidades cartográficas e visuais, estes são, na maioria das vezes, desprezados ou mal utilizados.

3.3 Análise e Criação de Novas Relações Espaciais

A capacidade de realizar análises espaciais é uma exclusividade dos SIGs. Estes sistemas possuem uma série de funções que permitem explorar as características espaciais e as descritivas da base de dados, possibilitando o cruzamento de temas distintos que podem, inclusive, não possuir nenhuma outra relação que não seja a geográfica. Através das análises espaciais, é possível realizar uma série de simulações, o que permite um melhor planejamento de como atuar no espaço, dando suporte técnico a estas decisões.

Como o SIG é uma tecnologia nova, poucas aplicações já atingiram esta fase, principalmente porque ela requer que a base de dados esteja completa e bem estruturada e que o usuário tenha experiência no uso da tecnologia.

Existem centenas de aplicações possíveis para estas ferramentas. Pretende-se listar aqui, algumas das principais funções de análise dos SIGs e descrever algumas aplicações que podem utilizá-las.

3.3.1 Geração de "Buffers"

"Buffers" são áreas ou corredores de influência gerados em torno de determinados elementos com distâncias definidas.

Utiliza-se muito esta análise, por exemplo, para delimitação da mata ciliar (ou mata galeria) a ser preservada em torno dos rios, ou na delimitação da faixa de servidão existente ao longo das estradas ou linhas de alta tensão. Esta faixa pode também variar de acordo com o atributo, ou melhor, 50 metros para os rios perenes e 30 metros para os rios intermitentes, por exemplo. Enfim, para delimitar a área de influência de um determinado objeto espacial.

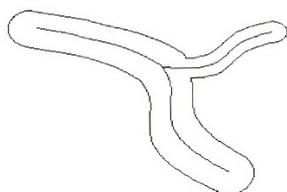


Fig. 1 – Buffer em elemento linear

3.3.2 Cruzamento de Temas

O cruzamento de temas ("Overlay") é, provavelmente, a funcionalidade mais importante de

análise dos SIGs. Ele permite que informações de temas distintos sejam cruzadas, gerando um produto que contém novas relações espaciais. "No modelo vetorial, a análise é baseada em algoritmos de interseção entre polígonos, onde novos polígonos são criados e as bordas redundantes são eliminadas" (Star, J.; Estes, J., 1989). Estes novos polígonos contêm as informações provenientes da somatória dos dois temas, ou melhor, são criadas novas relações espaciais.

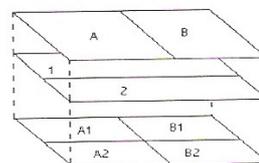


Fig. 2 – Overlay de Temas VETORIAL

Pode-se cruzar, por exemplo, o *buffer* gerado ao redor dos rios com o mapa de uso da terra para se obter como resultado qual o tipo de uso dentro da área delimitada pelo *buffer*. Com isso, o sistema é capaz de identificar e listar quais áreas desrespeitam a lei de preservação das matas ciliares.

O cruzamento de temas também pode ser realizado quando os dados estão armazenados em formato raster. Como cada célula possui um valor numérico, a sobreposição dos temas é uma simples somatória dos valores de duas células em uma mesma posição da malha. Embora isto torne o processo muito mais rápido, limita algumas aplicações, pois pode-se perder a correspondência dos valores dos atributos originais (veja, na figura abaixo, como a somatória de duas células com o valor 2 tem o mesmo resultado que a somatória de uma célula com o valor 3 e outra com o valor 1). Uma aplicação comum é a geração de mapas-síntese ou

cartas de fragilidade, onde se atribuem pesos para cada tema e para cada elemento dentro dos temas, podendo-se, assim, compor um resultado com a somatória dos pesos em cada célula.

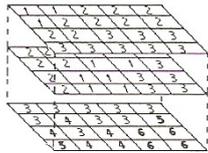


Fig. 3 – “Overlay” de Temas “RASTER”

3.3.3 Análises sobre Modelos Digitais de Terreno

Os Modelos Digitais de Terreno “procuram representar uma superfície em uma estrutura matemática que permita sua visualização bi ou tridimensional, bem como a extração de informações derivadas.” (Teixeira; Moretti; Christofolletti, 1992).

Estes modelos, que refletem as formas do relevo, podem ser armazenados basicamente de dois modos:

1. através de uma rede de triângulos irregulares (TIN – Triangulated Irregular Network, ou malha de triângulos irregulares), no qual “cada face desta malha pode ser definida em termos de sua declividade, orientação e sua elevação em seus três vértices” (Dangermond, 1990).
2. através de um grid, ou uma imagem, onde cada uma das células possui o valor da cota altimétrica calculada para este ponto.

A partir destes modelos, pode-se realizar uma série de análises envolvendo o cálculo de vo-

lumes, análise hidrológica e de visibilidade, criação de relevos sombreados, mapas de declividade e orientação de vertentes e interpolação de curvas de nível.

3.3.4 Freqüências e Estatísticas

Por trabalhar com tabelas associadas aos elementos gráficos, os SIGs permitem a realização de análises de freqüências e estatísticas, permitindo, por exemplo, classificar os lotes de uma área urbana de acordo com seu uso (residencial, comercial e industrial) tendo como resultado o número de unidades em cada classe, a somatória das áreas e dos valores pagos de IPTU, entre outros.

As funções de somatória, média e desvio padrão podem ser aplicadas sobre qualquer item numérico das tabelas, o que permite a geração de relatórios acompanhando todas as análises realizadas.

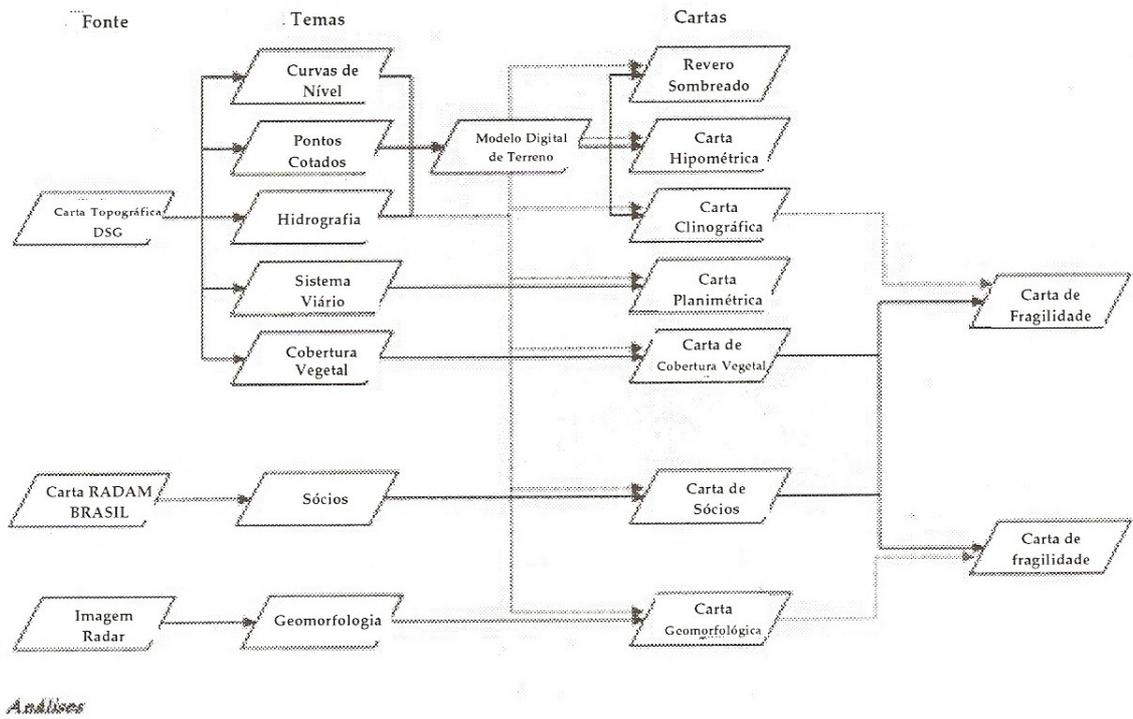
4. EXEMPLO APLICADO À CARTA DE FRAGILIDADE

Objetiva-se nesta fase prática do trabalho exemplificar todos os pontos expostos na metodologia de utilização de SIGs, descrevendo a modelagem de dados, passando pelo processo de conversão da base de dados para o formato digital até a realização de análises espaciais. O objetivo final do trabalho é o de chegar na elaboração de uma Carta de Fragilidade do Terreno (Relação Relevo-Solo).

Não se descrevem os comandos utilizados, pois pretende-se uma análise genérica dos processos necessários para atingir cada fase de implantação. Citam-se os softwares utilizados, mas as análises não estão restritas a eles.

Criou-se uma padronização cartográfica para os temas digitalizados baseada no padrão A4, onde se representam os mapas na escala 1:350.000.

O trabalho prático pode ser genericamente resumido no seguinte fluxograma:



4.1 Base de Dados

4.1.1 Modelagem da Base de Dados

Análises

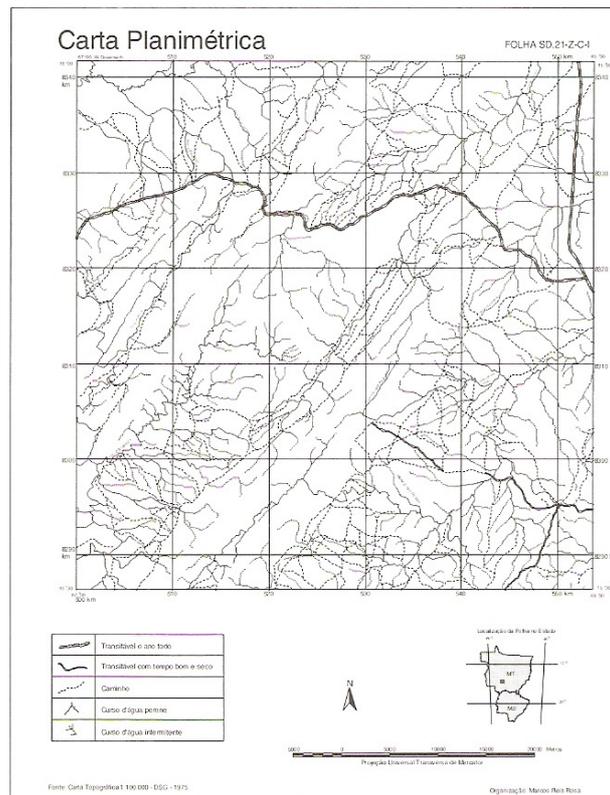
A criação dos temas descritos teve como finalidade experimentar o processo de digitalização, vetorização e correção de dados. As cartas apresentadas visam demonstrar o potencial cartográfico dos SIGs enquanto os produtos gerados visam demonstrar a capacidade para realização de análises geográficas existentes nestes sistemas.

Carta Planimétrica

A carta planimétrica é composta pelos temas de hidrografia e rodovias, retirados da carta topográfica na escala 1:100.000.

Optou-se por representar a hidrografia por linhas, o que é mais apropriado no processo de criação do Modelo Digital de Terreno. Os atributos de perene ou intermitente são utilizados para representação dos elementos com símbolos específicos.

O tema de rodovias foi criado unicamente para complementação cartográfica dos mapas



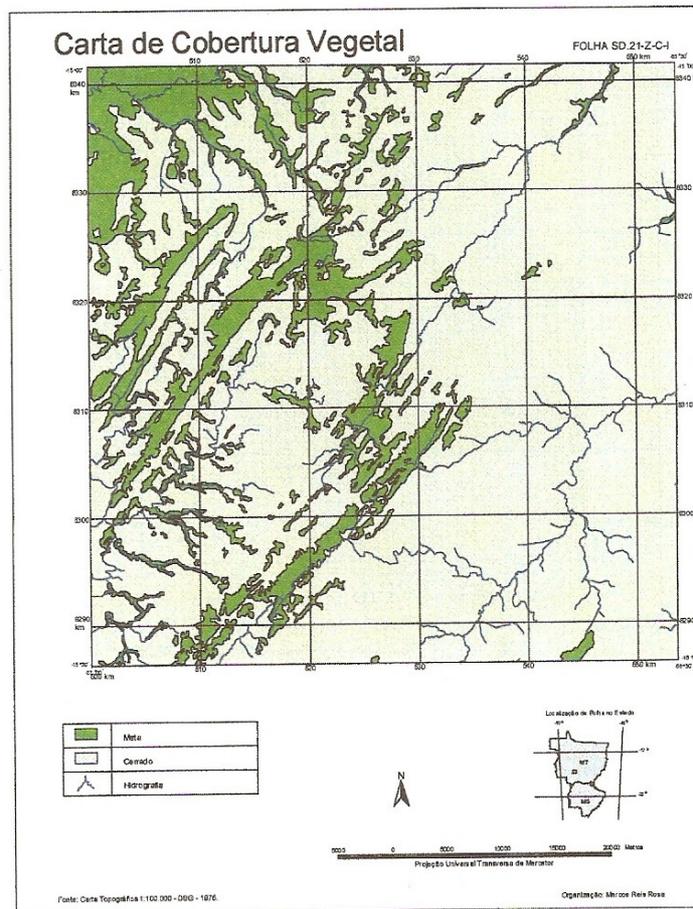
produzidos. Foi mantida a classificação e a simbologia adotada na Carta Topográfica pela DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) do Ministério do Exército.

atributos associados a estes elementos foram: o tipo de vegetação e sua fragilidade de acordo com a metodologia escolhida.

A simbologia adotada para representação foi baseada na Carta Topográfica utilizada como fonte de dados.

Cobertura Vegetal

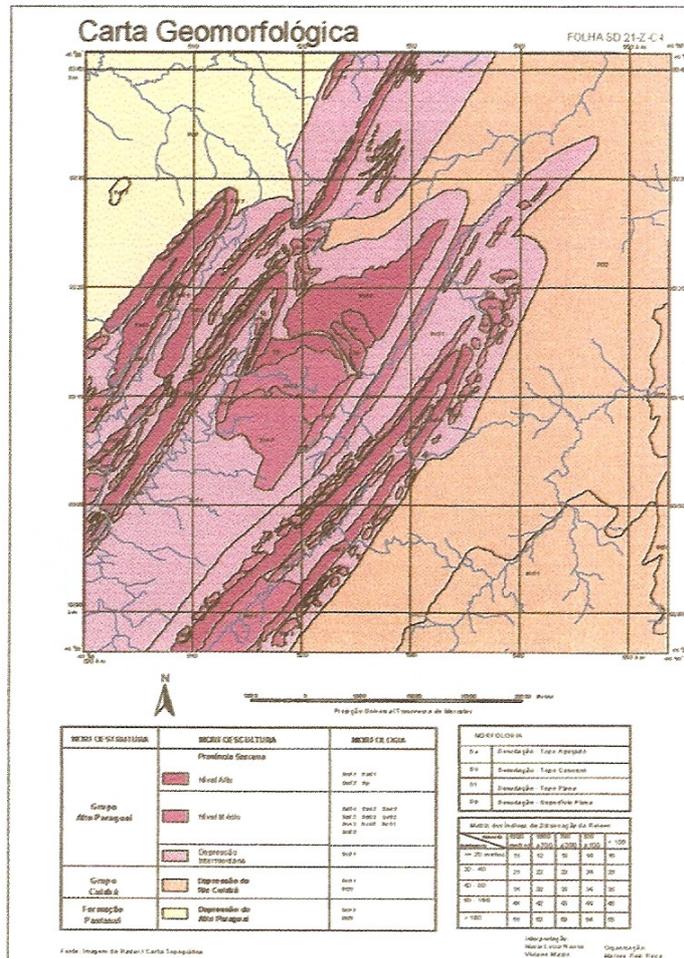
O tema de cobertura vegetal é utilizado na elaboração da carta de fragilidade. As manchas de vegetação foram convertidas como polígonos e os



Carta Geomorfológica

A carta utilizada, na escala 1:100.000, foi elaborada pelas alunas Maria Luiza Nacca e Viviane Cristina Mazin, na disciplina Estágio Supervisionado em Geomorfologia, ministrada pelo Prof. Jurandyr Ross em 1995. Esta carta foi criada a partir da metodologia desenvolvida por Ross (1992) para geração da carta geomorfológica com o uso de imagens de radar.

Este tema foi convertido para o formato vetorial através da mesa digitalizadora como polígonos que possuem como características a morfoestrutura, a morfoescultura, o índice de dissecação e a sua fragilidade de acordo com a metodologia escolhida.



4.1.2 Entrada de Dados

Realizou-se a entrada de dados através de uma mesa digitalizadora no Sistema AutoCAD, o mais acessível para trabalhar com elementos gráficos. Escolheu-se o CAD para digitalizar a base de dados pelo fato de este processo ser o mais utilizado na comunidade de usuários de SIG. Apesar das dificuldades citadas, estes programas exigem menos requerimentos em termos de equipamentos e em geral são de mais fácil manipulação.

Utilizou-se a mesa digitalizadora de tamanho A1, que evita o trabalho de junção de folhas digitalizadas separadamente, já que, neste caso, engloba toda a carta. Foi utilizado neste trabalho o método de digitalização contínua, pois a grande maioria dos elementos digitalizados são lineares curvos, mais precisos quando digitalizados por este processo.

O grande problema desta forma de digitalização é a quantidade de pontos armazenados. Foi especificada uma distância de 20 metros de tolerância no terreno, o que equivale, na escala 1:100.000, a uma distância de 0,2 milímetros na carta. Isso quer dizer que a cada milímetro na carta o sistema armazena as coordenadas de 5 pontos. Isso garante uma precisão muito grande do sistema que, no entanto, sobrecarrega muito o arquivo gráfico, diminuindo a performance da máquina.

Existem basicamente duas maneiras de armazenar os dados em formato digital: uma em precisão simples e outra em precisão dupla. A precisão simples é capaz de armazenar até sete caracteres válidos de coordenadas. No caso da utilização de UTM, chega-se a uma precisão de até um metro. O AutoCAD armazena as coordenadas em precisão dupla, ou seja, armazena quatorze caracteres por coordenada, o que, em UTM significa 0,0000001 metros.

4.1.3 Conversão de Dados

O mapa digitalizado em AutoCAD foi exportado para DXF, formato padrão para troca de informações gráficas entre os diferentes softwares existentes no mercado. Este formato, apesar de ser padrão, é bastante restrito, principalmente quando se trabalha com SIG, pois não possui ferramentas para armazenar relação entre os elementos (topologia) e nem atributos.

O arquivo DXF foi importado pelo software Arc/Info, onde foi criada uma "coverage" (ou cobertura), que é a entidade de armazenamento de elementos gráficos e descritivos deste software, para cada tema.

4.1.4 Correção

Estas "coverages" foram editadas para eliminação dos erros gráficos provenientes da digitalização através de um sistema CAD, como arcos que não se conectam ou polígonos que não se fecham.

Estes erros são, em grande parte, corrigidos de forma automática pelos SIGs, baseados em uma tolerância definida pelo usuário. A tolerância utilizada foi de 5 metros, o que significa dizer que o sistema pode unir ou apagar quaisquer coordenadas que estejam com menos de 5 metros de distância. Esta tolerância tem que ser utilizada com muito cuidado, pois, se mal especificada, pode danificar a base de dados. Na escala 1:100.000 (escala de entrada dos dados), 5 metros representam 0.005 milímetros no mapa, uma precisão maior do que a conseguida pelo processo de digitalização dos dados.

Os erros não corrigidos automaticamente são apontados pelo sistema e devem ser corrigidos manualmente através das diversas funções disponibilizadas pelos sistemas.

4.1.5 Generalização

Depois de corrigidos os erros gráficos pode-se fazer o processo de generalização, que consiste na eliminação de pontos redundantes armazenados. Em decorrência do processo de digitalização, estão armazenados pontos a cada 20 metros. Esta precisão pode ser necessária em casos de elementos curvilíneos, mas é extremamente inútil em caso de retas.

O algoritmo de generalização preserva somente os vértices que alteram o formato do arco. Baseado em uma tolerância, normalmente w pelo usuário, eles removem os vértices que são dispensáveis, fazendo com que se armazenem somente coordenadas importantes. Pode-se ter uma idéia deste processo num pequeno trecho de arco na figura abaixo:

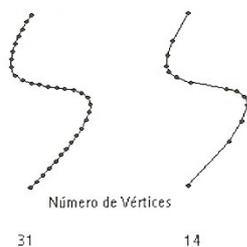


Fig. 4 – Processo de Generalização

A diminuição do número de coordenadas armazenadas é essencial para um melhor desempenho do sistema.

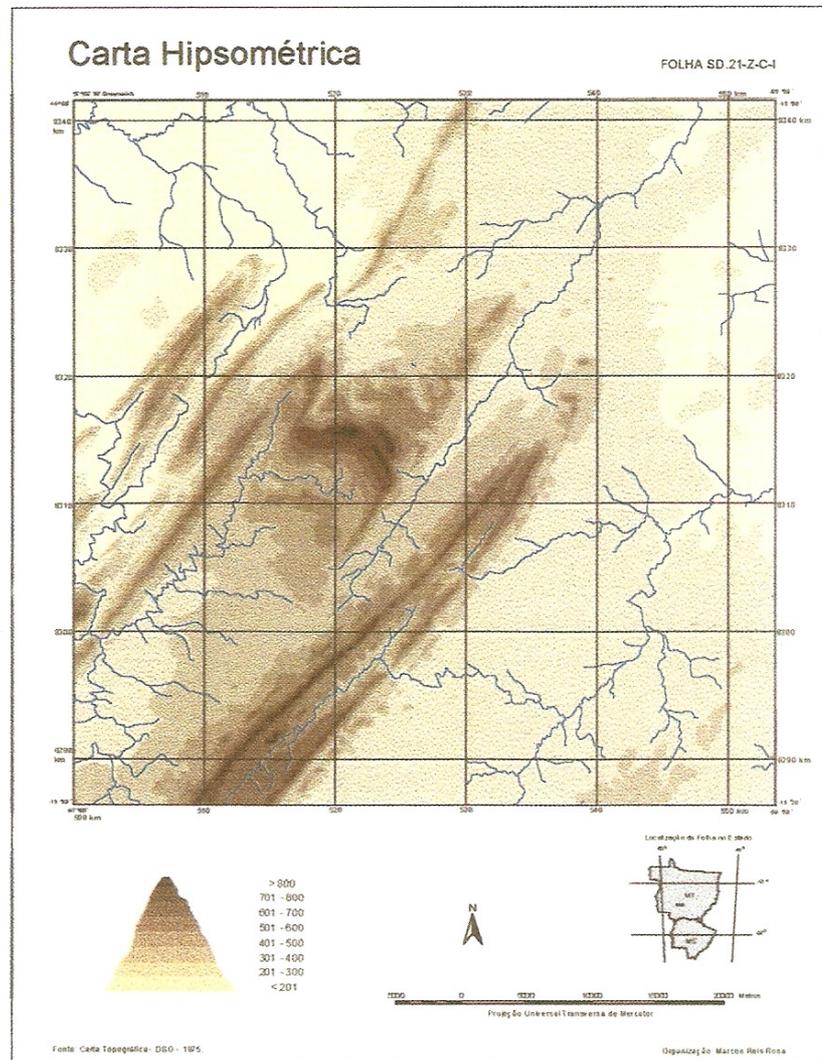
4.2 Análises Realizadas

4.2.1 Geração do Modelo de Elevação Digital

A altimetria é a base para o Modelo de Elevação Digital, do inglês *Digital Elevation Model* (DEM), ou Modelo Numérico de Terreno. O sistema é capaz de produzir uma malha de triângulos baseada na interpolação de curvas adjacentes. Cada triângulo possui a cota altimétrica de cada um de seus vértices, o que define uma inclinação individual. Desta maneira, o relevo é reproduzido de forma digital.

Foi utilizado neste processo o ArcInfo, que utiliza, além da altimetria (curvas de nível e pontos cotados), a hidrografia para garantir uma melhor caracterização do terreno.

Outra possibilidade para representação do relevo é a utilização da estrutura raster: cada célula possui o valor da cota do terreno, seguindo as variações altimétricas do relevo de forma contínua. Pode-se então classificá-las por intervalos definidos para confeccionar cartas hipsométricas ou gerar curvas de nível com qualquer equidistância.



Outro produto que pode ser gerado é o mapa de relevo sombreado. Neste mapa, o sistema simula o posicionamento do sol em azimute e altitude determinados pelo usuário e, então, gera o

mapa com o relevo refletindo a luminosidade de sol. É um efeito muito interessante para análise das formas do relevo.

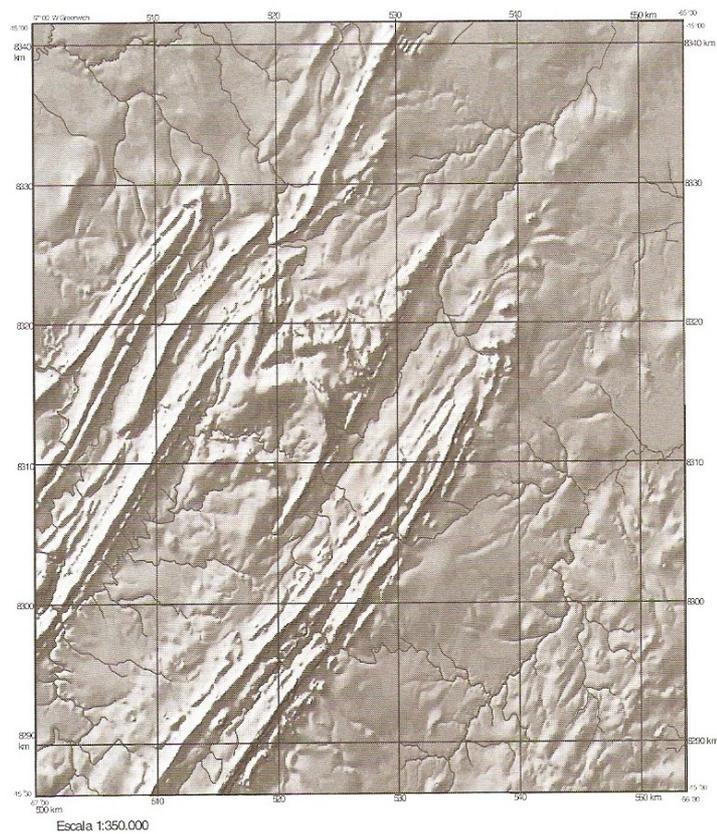


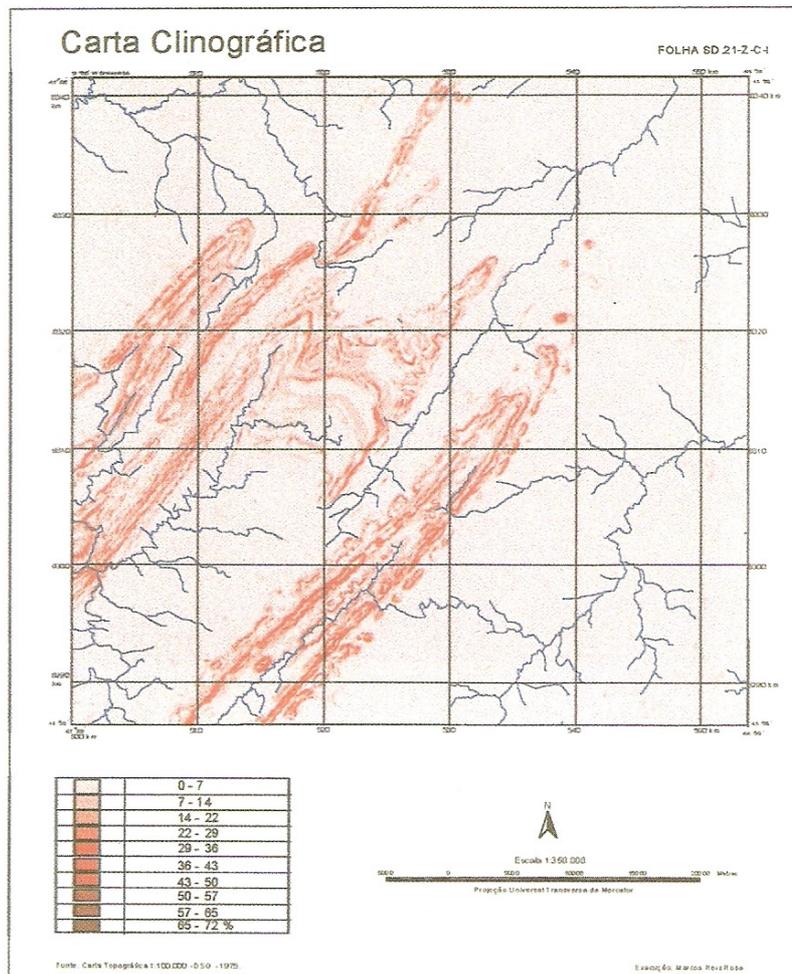
Fig. 25 - Relevo Sombreado

4.2.2 Criação da Carta Clinográfica

A carta clinográfica ou de declividades é gerada através do Modelo Digital de Terreno. Assim, como este modelo, ela é armazenada em formato raster, sendo que cada célula possui o valor de sua declividade em percentagem.

A declividade é calculada com base em uma matriz de 3 x 3 células em volta da célula processada. A inclinação do plano decorrente desta matriz é a declividade da célula central. Assim, depois que cada célula possui sua declividade calculada, são estabelecidas classes para o agrupamento destas células. No mapa seguinte, utiliza-se uma

classificação automática com dez classes divididas em intervalos iguais, gerada pelo ArcView (módulo "Spatial Analyst") com base no Modelo Digital de Terreno do ArcInfo.



4.2.3 Criação da Carta de Fragilidade do Terreno

A elaboração da Carta de Fragilidade "passa obrigatoriamente pelos levantamentos de campo, pelos serviços de gabinete, a partir dos quais geram-se produtos cartográficos temáticos de

geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e Uso da Terra/Vegetação" (Ross, 1994).

A metodologia de valorização e combinação dos temas está baseada na descrição de Ross (1994). As variáveis espaciais são classificadas em cinco categorias hierárquicas de acordo com sua fragilidade:

Muito Fraca	1
Fraca	2
Média	3
Forte	4
Muito Forte	5

"Quando a análise é realizada em escalas médias e pequenas tipo 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, utilizam-se como base de informação os Índices de Dissecação do Relevo, expresso através da Matriz dos Índices de Dissecação da Carta Geomorfológica. Quando a análise é de maior de-

talhe, como escalas de 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000, utilizam-se as formas de vertentes e as Classes de Declividade." (Ross, 1994).

Para cada tema elaborado utilizou-se a seguinte classificação:

Carta Clinográfica

1	< 6%
2	6 a 12%
3	12 a 20%
4	20 a 30%
5	> 30%

Carta Geomorfológica

1	da matriz 11,
2	da matriz 21, 22, 12
3	da matriz 31, 32, 33, 13, 23
4	da matriz 41, 42, 43, 44, 14, 24, 34
5	da matriz 51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45

Carta de solos

1	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo textura argilosa.
2	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa.
3	Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa.
4	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.
5	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

Carta de Cobertura vegetal

1	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto, arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
5	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Após a classificação de cada carta com base no seu grau de fragilidade, as informações são cruzadas resultando em um produto cartográfico síntese, que classifica e qualifica a área estudada em Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis, com diferentes graus de Instabilidade Potencial e Emergente.

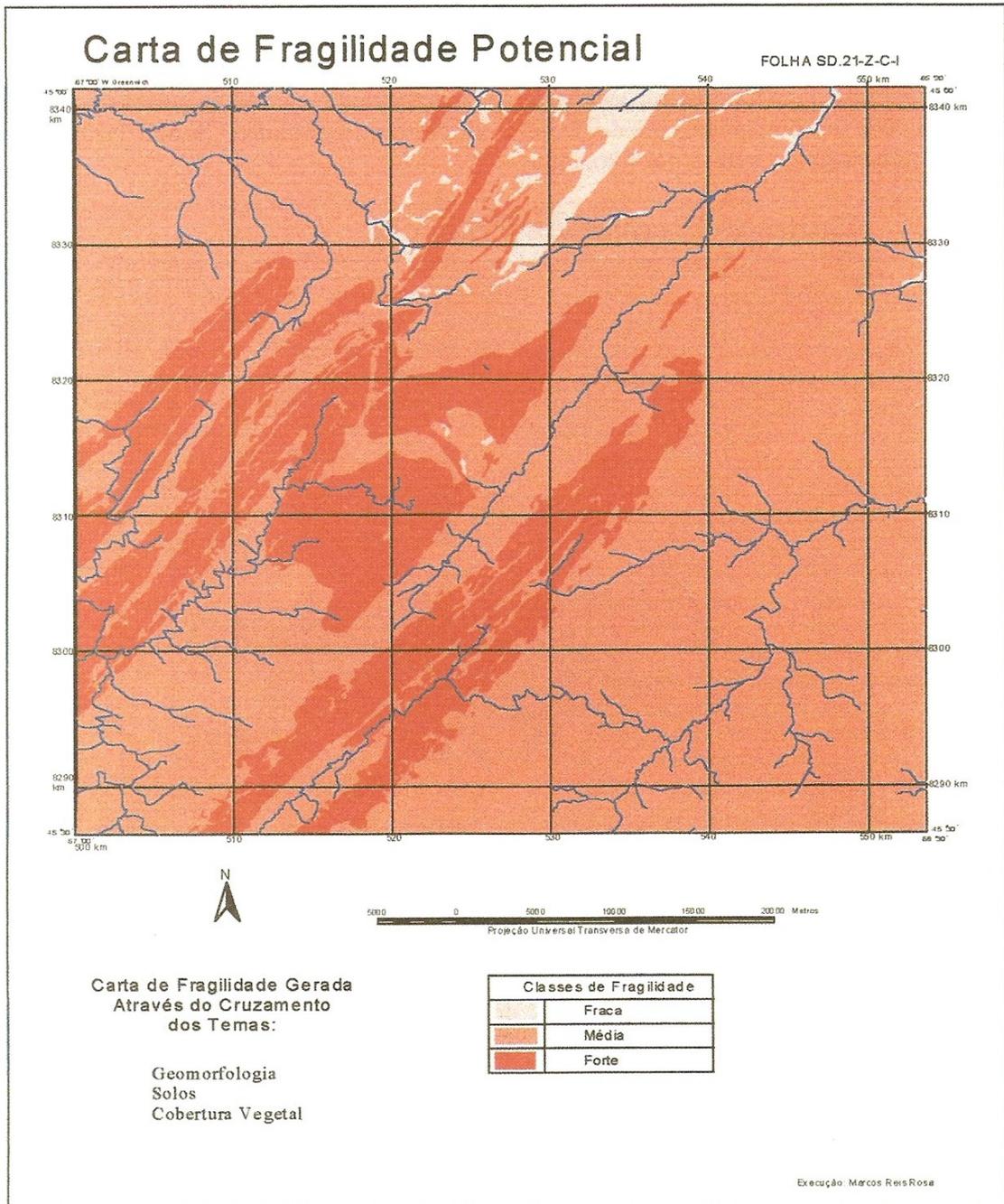
Devido à flexibilidade oferecida pelos SIGs, pode-se realizar algumas simulações sem o objetivo de estabelecer qual é melhor ou pior, com a intenção de mostrar as possibilidades existentes.

Uma primeira experiência é a elaboração da carta de Fragilidade com base na carta de Declivi-

dade e não na Geomorfológica, mesmo se tratando de uma escala média. Tem-se então, um resultado baseado no cruzamento da cartas de Cobertura Vegetal, Solos e Declividade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

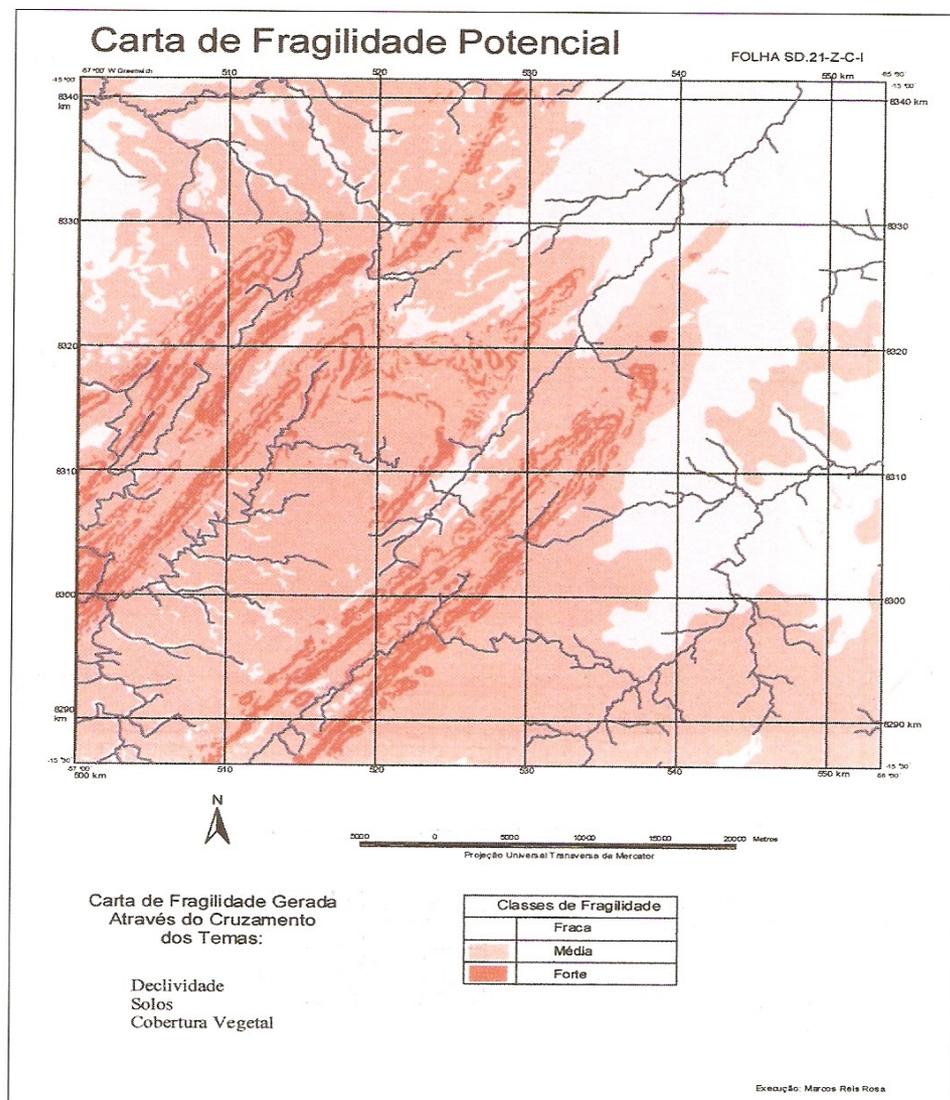
Os SIGs são, por natureza, uma tecnologia multidisciplinar, pois englobam conhecimentos de várias disciplinas, mas, para a geografia, os SIGs possuem importância fundamental. O geógrafo é capaz de entender e trabalhar a base de dados, peça-chave do sistema. Ele é capaz de descrever e



levantar as informações necessárias ao funcionamento dos SIGs e saber como realizar e interpretar as análises baseadas nestas informações. O geógrafo é, antes de mais nada, um grande usuário desta tecnologia.

Principalmente para a cartografia, a utilização dos SIGs pode ser comparada à revolução decorrente da elaboração de mapas por fotografias

aéreas e, mais tarde, por imagens de satélites. Os SIGs permitem um maior acesso a dados espaciais e uma maior flexibilidade na representação gráfica destas informações, "sua principal vantagem é a de produzir bem rápido um grande número de documentos variados a partir de um mesmo cabedal de informações registradas." (Joly, F. 1990).



Os SIGs passam, atualmente, por um processo de consolidação como tecnologia eficaz na gerência de informações espaciais. Foi ultrapassada a fase de euforia e, agora, começa-se a realização de projetos fundamentados em experiências passadas e em conhecimentos teóricos. A barreira

da mudança de cultura que envolve a utilização desta tecnologia já está sendo ultrapassada, restando a necessidade de um esforço na criação de uma base de dados digital confiável que permita a implantação de SIGs com prazos de execução e custos menores.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALVES, S. D. Sistemas de Informação Geográfica. *Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*, 1990.
- BERTIN, J. *La Graphique et le Traitement Graphique de L'Information*. Paris, Flammarion, 1977.
- BERTIN, J. *Semiologie Graphique*. Les diagrammes-Les réseau-Les carte. Mouton, Paris.
- BORGES, K. A. V.; FONSECA, F. T. Modelagem de Dados Geográficos em Discussão. *Anais II Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento*, 1996.
- CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. *Anais II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*, 1993.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. *Anatomia de Sistemas de Informações Geográfica*. Campinas, 10ª Escola de Computação - Instituto da Computação - UNICAMP, 1996.
- DANGERMOND, J. A Review of Digital Data Commonly available and some of the Practical Problems of Entering Them into a GIS. In: *Introductory Readings in Geographic Information System*, 1990. p. 223.
- ESRI. *ARC/INFO User's Manual*. Redlands, Califórnia - EUA.
- ESRI. *Understanding GIS - The ARC/INFO Method* - Redlands, Califórnia - EUA, 1990.
- JOLY, F. *A Cartografia*. Tradução Editora Papirus. Campinas, SP, 1990.
- PIRES, A. N. Planejamento Territorial a Abordagem Geológico-Geotécnica e o Conceito de Terreno ou Abordagem de Paisagem. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 8, FFLCH-USP, 1994.
- QUINTANILHA, J.A. Entrada e Conversão de Dados: Processos de Construção de Bases Digitais de Dados Espaciais. *Anais III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*, 1995.
- RODRIGUES, M. SIGs e Suas Circunstâncias no Brasil. *Anais III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*, 1995.
- _____. Introdução ao Geoprocessamento. *Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*, 1990.
- ROSA, F. S. Impactos da Informática na Cartografia. *Anais: Geodigital 96*. Departamento de Geografia, FFLCH-USP, São Paulo, 1996 (no prelo).
- _____. *Metrópole e Representação Cartográfica*. O Sistema Cartográfico Metropolitano da Grande São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo, Departamento de Geografia, FFLCH-USP, 1989.
- _____. Novas Tecnologias em Cartografia Assistida por Computador. *Anais V Congresso Brasileiro de Geógrafos - AGB*, Curitiba. v. 1, 1994, p. 281-288.
- ROSS, J. L. S. Análises da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 8, FFLCH-USP, 1994.
- STAR, J.; ESTES, J. *Geographic Information System - An Introduction*. University of California, Santa Barbara, 1989.
- TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro, 1992.

ABSTRACT

The purpose of this publication is to discuss the aspects related to Geographic Information System (GIS) under a vision of it's use for Geography. It intends to show when this technology becomes vallable and to highligh wich kind of care should be taken in the implementation process.

In the first section this tecnologia will be classified in diferent steps that will be described and analyzed to clarify and establish many concepts. We don't intend to get deep in the computerized process but it will be needed to support the discussion in some cases.

In the second section a pratical use of GIS will be demonstrated with a creation of a Soil-Relief Fragility Map to give examples of the metodology and definitions described in the first section. The database used on the pratical application was created from an IBGE Topographic Map 1:100.000, a Radar Image 1:100.000 and a Soil Map from RADAM-Brasil project 1:1.000.000.