

# A INFORMAÇÃO EM QUESTÃO: OS NOVOS INSTRUMENTOS PARA PENSAR E A REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO

Cláudio Henrique Reis<sup>1</sup>  
Rodrigo Bastos Santiago<sup>2</sup>

Vivemos atualmente os primórdios de uma revolução *informacional* - uma revolução tecnológica que se segue à revolução industrial. Sabe-se que uma revolução tecnológica de conjunto não se reduz à revolução do instrumento de trabalho. O instrumento informático pode permitir - conectado a outras novas técnicas de telecomunicação - a criação, a circulação e o armazenamento de uma imensa massa de informações outrora monopolizadas por uma pequena elite de trabalhadores intelectuais.

A divisão social entre os que têm o monopólio do pensamento e aqueles que são excluídos deste exercício está agora posta em questão: Em que medida uma tecnologia pode liberar estes diferentes fluxos de informação? Para tentar responder a esta questão, analisaremos nesta pesquisa, primeiramente, o desenvolvimento da tecnologia dos Sistemas Informações Geográfica de – SIGs - e em um segundo momento as correlações possíveis com a Ciência Geográfica, esperando contribuir assim para o avanço na discussão que hoje se tem sobre a matéria.

A Ciência Geográfica tem utilizado em várias linhas do seu conhecimento, a tecnologia dos SIGs. Podemos traçar, segundo Câmara (2001), um paralelo entre as correntes de pensamento geográfico representadas pela Geografia Tradicional, Geografia Quantitativa e a Geografia Crítica com a evolução do SIGs. Um dos autores citados por Câmara, é Hartshorne (1979), que apresentou em sua obra um conjunto de conceitos, largamente apropriados na elaboração de novas tecnologias da informação.

## **SIGs: BREVE PERFIL HISTÓRICO**

As primeiras tentativas em automatizar parte do processamento de dados espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos

---

<sup>1</sup> Universidade Severino Sombra – USS  
reis.claudio@uss.br

<sup>2</sup> Universidade Severino Sombra – USS  
Universidade Gama Filho – UGF  
rbsantiago@ig.com.br

1950. O objetivo principal destes experimentos era o de reduzir os custos de produção de mapas, mas, tendo em vista a precariedade da informática na época, estes sistemas ainda não podiam ser classificados como sistemas geográficos.

Os primeiros Sistemas Geográficos de Informação surgiram então quase uma década após essas tentativas, no Canadá, como parte integrante de um programa governamental que pudesse criar um inventário dos recursos naturais. Porém, naquela época não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores eram muito caros e a mão-de-obra altamente especializada. Desta forma não existiam soluções comerciais viáveis para que cada pesquisador adequasse os equipamentos ao uso, visando desenvolver seus próprios projetos.

Nos anos 1970 foram desenvolvidos novos recursos de *hardwares*, sendo possível o desenvolvimento de sistemas comerciais. A partir dessa evolução tecnológica surge a expressão *Geographic Information System* (GIS). Além disso, neste período, foram introduzidas algumas funções matemáticas voltadas à cartografia. Estes sistemas utilizavam computadores de grande porte, com alto custo operacional, possibilitando apenas as grandes organizações o acesso a esta moderna tecnologia.

Na década de 1980 inovações tecnológicas permitem o aprimoramento e desenvolvimento contínuo do Sistema até o tempo presente. Os SIGs beneficiam-se com os avanços da informática e da massificação causadas pelas criações no campo da microinformática. Com o barateamento e a popularidade das estações gráficas; a evolução dos computadores pessoais e o desenvolvimento dos sistemas gerenciadores de banco de dados relacionais ocorrem uma grande difusão no uso do SIG. Além disso, a incorporação de várias funções de análise espacial proporcionou também uma infinidade de novas aplicações para esses Sistemas.

Atualmente tem-se observado um crescimento do uso do SIG em várias áreas do conhecimento, sempre alavancados pela redução continuada de custos dos “hardwares”, dos “softwares” e da construção das bases de dados espaciais.

### **Evolução no Brasil**

No Brasil um dos primeiros esforços para a divulgação do SGI foi feito na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) pelo Professor Jorge

Xavier da Silva, com sua iniciativa de trazer ao Brasil, em 1982, o Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro GIS - o Canadian Geographical Information System-, Cadastrando-se no país, a partir desse momento, vários grupos de pesquisadores interessados em desenvolver tecnologia do SIG em nosso país.

Os primeiros resultados representativos destes grupos no Brasil consistem na instalação do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, desde então coordenado pelo Professor Jorge Xavier da Silva, que desenvolveu e vem continuamente aprimorando o Sistema de Análise Geoambiental - SAGA.

Em 1984 o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) cria um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de SGI e Sensoriamento Remoto - a Divisão de Processamento de Imagens, DPI. A DPI desenvolveu de 1984 a 1990 o SGI (Sistema Geográfico de Informação) o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e a partir da década de 90 o SPRING (Sistema para Processamento de Informação Geográfica).

O SGI/SITIM foi suporte de vários conjuntos de projetos ambientais, tais como: o levantamento dos remanescentes da Mata Atlântica, a cartografia fito-ecológica de Fernando de Noronha, o Gerenciamento Costeiro do Brasil, etc. Já o “software” SPRING tem como principal característica, a compatibilização de diferentes fontes de dados espaciais como: imagens orbitais, dados temáticos cadastrais, redes e modelo numérico do terreno, em um único programa.

Alguns “softwares” foram desenvolvidos por empresas nacionais como é o caso da AeroSul que, posteriormente, fundou a empresa denominada de MaxiDATA, empresa esta, que em meados dos anos 80 desenvolveu um sistema para automatização de processos cartográficos com o nome comercial de Maxi CAD. Este “software” foi largamente utilizado no Brasil, principalmente em mapeamentos obtidos a partir do uso de computadores de grande porte. Recentemente a empresa lançou o produto dbMapa que permitiu a junção de bancos de dados relacionais aos arquivos gráficos MaxiCad, produzindo uma solução para aplicações cadastrais.

## **GERAÇÕES DE SIG**

O SGI apresenta três gerações distintas:

A primeira baseia-se na tecnologia de CAD (Computer Aided Design) com tradição cartográfica, possui suporte de bancos de dados limitado e tem como produto final o mapa temático. Esta classe de sistema é utilizada principalmente em projetos isolados, sem a preocupação de gerar arquivos digitais de dados.

Os programas, na segunda geração tecnológica de banco de dados espaciais, começaram a ser desenvolvidos na década de 90. A principal característica destes programas consiste nos gerenciadores de bancos de dados relacionais e possui pacotes adicionais para processamento de imagens. Estes sistemas foram desenvolvidos em ambientes multiplataforma com interfaces em janelas.

A terceira geração de SIGs fundamenta-se em bibliotecas digitais geográficas ou centros de dados geográficos, caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos - ou georeferenciados -, com acesso através de redes locais e remotas, de maneira a permitir o acesso de informações espaciais por SIGs distintos. Além disso, a terceira geração de SIGs pode ser caracterizada por sistemas orientados à troca de informações entre uma instituição e os demais componentes da sociedade.

## **CARACTERIZAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS EM UM SIG**

De acordo com Goodchild (1992) o dado espacial é determinado por um tipo de dado que descreve fenômenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial. Os dados utilizados em um SIG pertencem a uma classe particular de dados espaciais: dados georeferenciados ou dados geográficos. Estes tipos de dados descrevem fenômenos que ocorrem na superfície terrestre num certo período de tempo, podendo ser também localizável.

Os dados georeferenciados podem ser caracterizados a partir de três componentes básicos:

1. Componentes não espaciais, que descrevem o fenômeno estudado;
2. Componentes espaciais, que informam a localização do fenômeno;
3. Componentes temporais, que identificam o tempo para qual tais dados são considerados, isto é, quando foram coletados e sua validade.

Dangermond (1990) afirma que a distribuição dos dados georeferenciados em um SIG é determinada em duas dimensões (2D) ou em três dimensões (3D). Os exemplos dos dados em 2D são lineares - rede viária e drenagem - e dados que descrevem uma determinada área - mapas temáticos - e os exemplos de dados em 3D são os dados topográficos e as isolinhas.

As consultas aos dados de um SIG podem abranger as características do fenômeno estudado até sua distribuição espacial e temporal. As consultas no SIG podem ser feitas a um fenômeno específico ou entre fenômenos distintos. As consultas típicas de aplicações em um SIG podem ser caracterizadas ao longo de três linhas: *onde*, *o que* e *quando*.

*Onde* se refere às características espaciais; *o que* se refere às características não espaciais e *quando* se refere à escala temporal. Cada consulta determina pelo menos um dos eixos e faz variar os dados ao longo dos dois.

Assad e Sano (1998) exemplificam a consulta dos dados georeferenciados utilizando os três eixos descritos anteriormente:

*quando + onde --- o que*: descreve o conjunto de fenômeno geográfico (*o que*) presentes em uma localização ou em um conjunto de localizações (*onde*), dada uma referência temporal (*quando*). Por exemplo: uso do solo do Município do Rio de Janeiro no período de 1980 – 1990.

*quando + o que --- onde*: descreve uma localização ou seu conjunto (*onde*) ocupado por um ou vários fenômenos geográficos (*o que*) em um dado conjunto de intervalos de tempo (*quando*). Por exemplo: Quais as áreas no Estado do Rio de Janeiro ocupadas por plantações de cana-de-açúcar no período de 1980 – 1990?

*o que + onde --- quando*: descreve o conjunto de períodos (*quando*) em que um determinado conjunto de fenômenos geográficos (*o que*) ocupou um conjunto de localizações. Por exemplo: Qual o período em que a região onde hoje é o bairro da Tijuca foi ocupada por uma plantação de café?

Segundo os mesmos autores na maior parte dos casos, a dimensão temporal é fixa, pois os usuários de uma forma geral determinam o conjunto de dados para trabalho em um determinado instante e raramente executam operações que envolvem variações temporais.

Alguns exemplos dos processos de análise espacial que são comuns em um SGI podem ser vistos na tabela 1.

TABELA 1: EXEMPLOS DE ANÁLISE ESPACIAL

<b>ANÁLISE</b>	<b>PERGUNTA GERAL</b>	<b>EXEMPLOS</b>
Condição	“O que está...?”	“Qual a população desta cidade?”
Localização	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declividade acima de 20°?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 5 anos?”
Roteamento	“Por onde ir...?”	“Qual o melhor caminho para o metrô?”
Padrões	“Qual o padrão...?”	“Qual a distribuição da dengue no Rio de Janeiro?”
Modelos	“O que sucede se...?”	“Qual o impacto do clima se desmatarmos a Amazônia?”

Fonte: Medeiros e Câmara (1998)

## **PRINCIPAIS TIPOS DE DADOS GEOREFERENCIADOS**

### **MAPAS TEMÁTICOS**

Os mapas temáticos representam a distribuição espacial de um fenômeno geográfico de forma qualitativa. Como exemplos de mapas temáticos temos os mapas de cobertura vegetal, os de uso do solo e os de aptidão agrícola. Esses dados podem ser obtidos por levantamento de campo, por classificação visual ou digital de fotos aéreas ou imagens orbitais. A figura 1 apresenta um exemplo de mapa de uso da terra do Município do Rio de Janeiro utilizando técnicas de classificação digitais de imagens e inseridas em um SGI no formato digital.

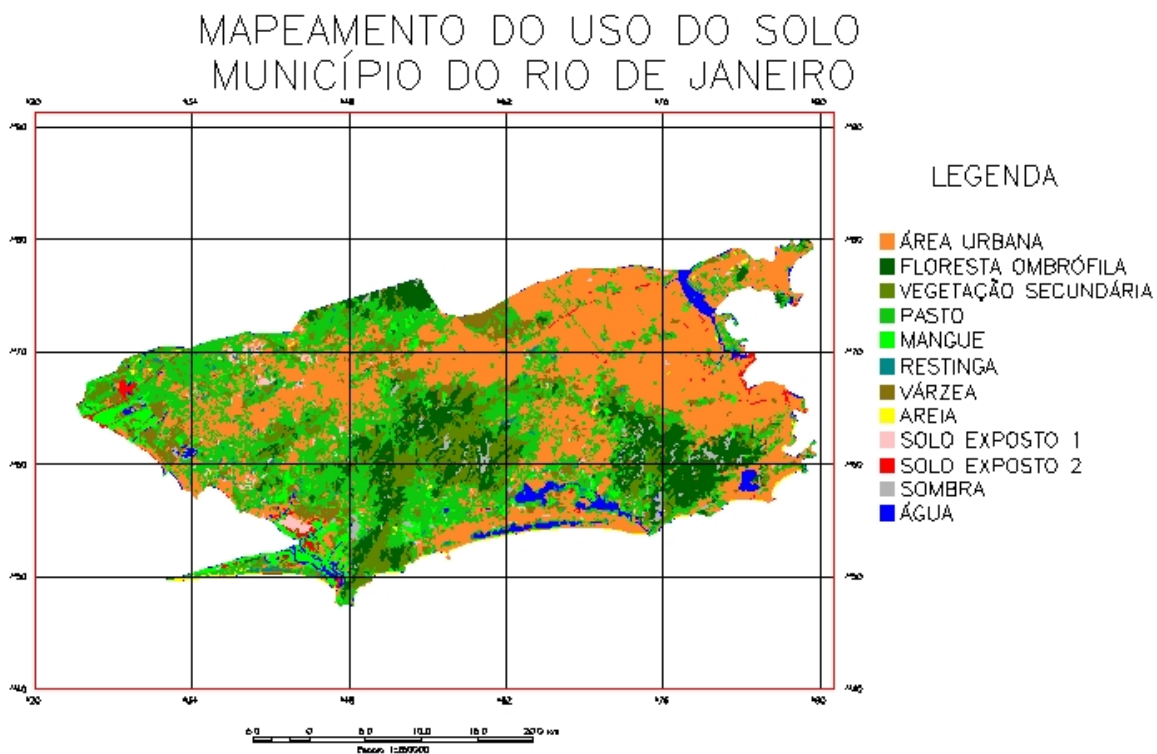


Figura 1 – Exemplo de Mapa Temático

Fonte: Reis, C.H.

### **MAPAS CADASTRAIS**

O mapa cadastral difere de um mapa temático, pois permite a representação de elementos gráficos - objetos geográficos - por ponto, linha ou polígono, sendo que este elemento apresenta atributos descritivos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos - dono, localização, valor venal, IPTU - e que podem ter representações gráficas diferentes em mapas e escalas distintas. Os atributos são armazenados num sistema gerenciado de banco de dados. A figura 2 ilustra um exemplo de mapa cadastral da América do Sul, onde os países possuem atributos não gráficos.

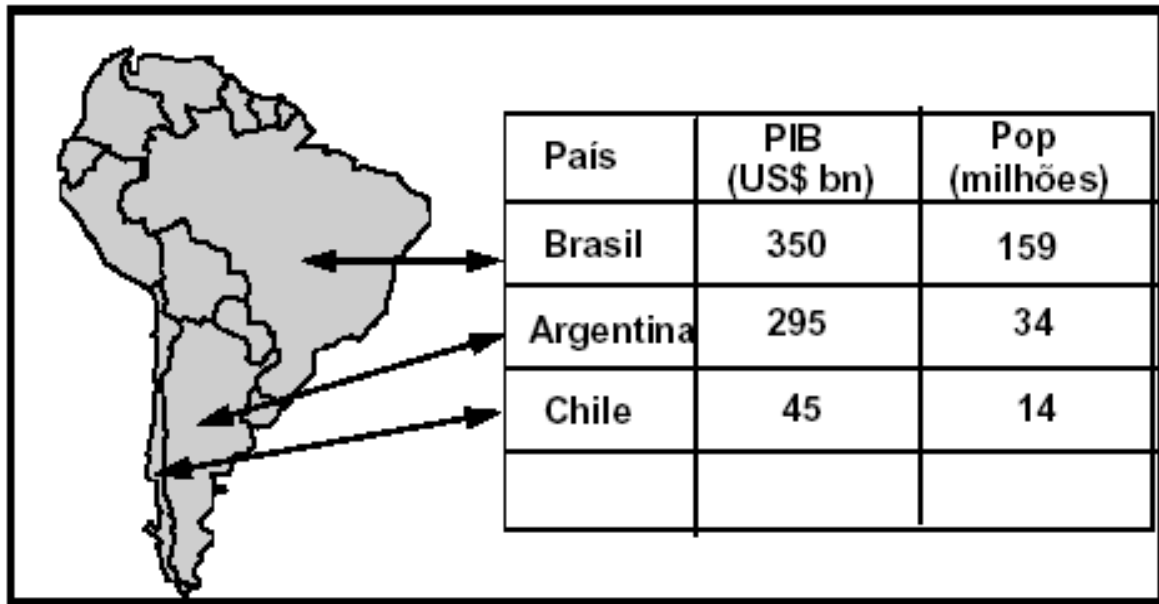


Figura 2 - Exemplo de Mapa Cadastral.

Fonte: Medeiros e Câmara (1998)

A diferença entre os mapas temáticos e cadastrais está para BURROUGH et al (1996) na caracterização dos limites desenhados nos mapas temáticos - vegetação, uso do solo - que não são precisos, pois os limites indicados nos mapas são aproximação da realidade. Já no caso de um mapa cadastral, temos medidas precisas e determinadas.

### **REDE**

O conceito de rede em um SIG denota as informações associadas a serviço de utilidade pública, rede de drenagem, rodovias dentre outros. No modelo de redes cada objeto geográfico que pode ser caracterizado por cano de água, cabo telefônico e etc, possui uma localização geográfica e está associado a atributos não gráficos presente em um banco de dados.

De acordo com Goodchild (1992) a rede é um sistema de endereçamento em uma dimensão, embutido no espaço em duas dimensões. O autor exemplifica este conceito ao definir uma rede elétrica, que tem como componentes: postes, transformadores, subestações, linhas de transmissão e chaves. As linhas de transmissão serão representadas topologicamente em coordenadas vetoriais como os arcos de um grafo orientado e os demais itens em nós, conforme ilustração da figura 3.



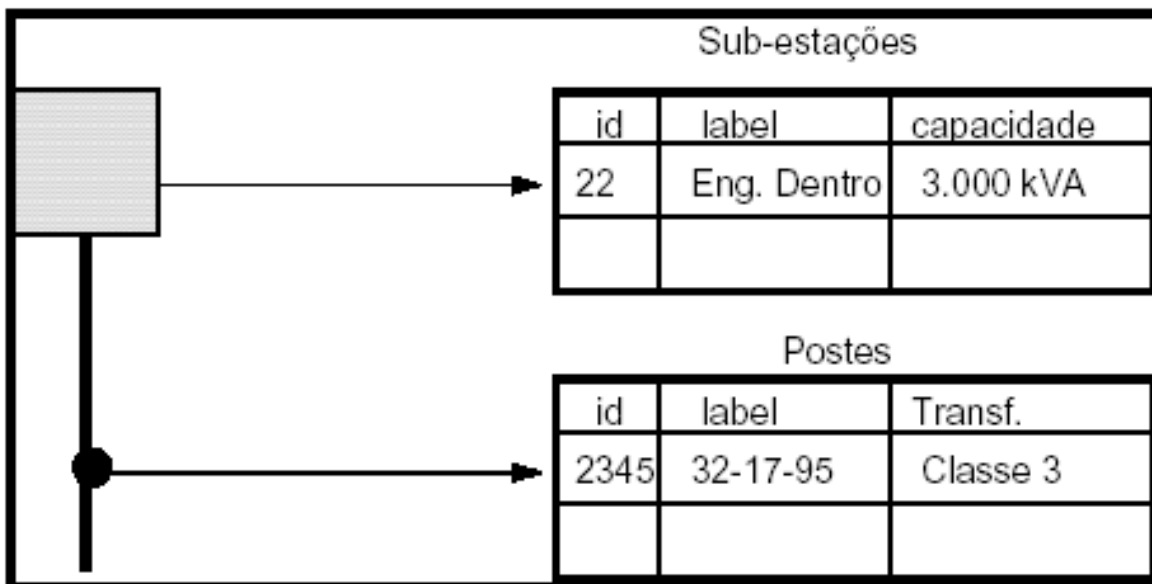


Figura 3 – Exemplo de Elementos de Rede

Fonte: Medeiros e Câmara (1998).

### IMAGENS

As imagens são obtidas a partir de levantamentos aéreos ou por satélites e são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou grid. Cada ponto desta malha tem sua localização definida por um sistema de coordenadas do tipo linha-coluna, sendo que o nome dado a esses pontos é pixel, derivado do inglês “picture element”. Cada pixel possui também um atributo “Z”, que indica o valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente - níveis de cinza.

As imagens orbitais possuem quatro características básicas a saber, são elas:

- *Resolução espectral* – é definida pelo número de bandas espectrais de um sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas menor será a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor.
- *Resolução espacial* – é definida pela capacidade do sistema sensor em discriminar os objetos na superfície terrestre; quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial.
- *Resolução radiométrica* – é definida pelo número de níveis digitais, representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados

pelo sensor. Quanto maior o número de níveis de cinza maior é a resolução radiométrica.

- *Resolução temporal* – é definida pelo intervalo entre a passagem do satélite no mesmo lugar. Quanto menor o intervalo de tempo

Para a extração dos objetos geográficos que estão contidos nas imagens são necessárias as utilizações de técnicas de fotointerpretação ou classificação digital para individualizá-los.

## **O PENSAMENTO GEOGRÁFICO: TECNOLOGIA X IDEOLOGIA**

A Geografia Vidalina do início do séc. XX impõe um único modo de se pensar a divisão da superfície da Terra, esquecendo a diferenciação espacial de cada elemento. A idéia de harmonia colocada nesta interpretação não se enquadra às sociedades estruturadas em classes sociais. No entanto essa corrente do pensamento deixou uma ciência elaborada, um corpo de conhecimentos sistematizados. Elaborou um temário válido, levantou questões, identificou problemas, às quais deu respostas insatisfatórias ou equivocadas. A Geografia Tradicional elaborou um imenso acervo empírico com levantamentos de realidades locais, constituindo um rico material para pesquisas sobre situações singulares.

A Geografia de Hartshorne se insere nesse contexto mesmo tendo ido além do Determinismo e do Possibilismo - fundamentava-se no neokantismo de Rickert e Windelband. Apesar de ter sido menos empirista não significa que tenha rompido com este traço marcante de toda a Geografia, privilegiou um pouco mais o raciocínio dedutivo.

Os conceitos básicos, formulados por Hartshorne, foram os de **área e de integração**, ambos referem-se ao método. A área seria um instrumento de análise, construída idealmente pelo pesquisador, a partir da observação dos dados escolhidos. A área seria construída no processo de investigação. A essa forma de estudo Hartshorne denominou Geografia Ideográfica. Seria uma análise singular e unitária que levaria a um conhecimento bastante profundo de determinado local.

Uma segunda forma de estudo, generalizadora – quanto maior a simplicidade de relações tratadas, maior possibilidade de generalizações, denominada Geografia Nomotética também foi proposta por Hartshorne.

A geração de definições dos SIGs da década de 1980 utilizam como elemento fundamental o polígono fechado – **a unidade de área**, delimitando portanto cada região de estudo, que passa a possuir a partir daí, um conjunto de atributos armazenados num banco de dados relacional. Torna-se necessário homogeneizar de uma forma ou de outra o procedimento para aplicar a abordagem de Hartshorne em um SGI. Esse processo consiste em:

- Obtenção de dados do espaço geográfico a partir de uma foto aérea ou imagem de satélite associado a um levantamento preliminar de campo para realizar uma delimitação de unidades-área considerada no estudo.
- Utilização de dados de cartografia temática e análises booleanas do tipo “SE e ENTÃO” para produzir mapas de interseções dos diversos conjuntos de interesse, sendo então possível, a partir desse cruzamento, delimitar as unidades de área.
- Utilização de mecanismos de levantamento de campo e da integração de dados já disponíveis, tornando desta forma possível, caracterizar cada unidade de área com os atributos que se distinguem das demais áreas, obtendo-se, como resultado, um banco de dados georeferenciados, delimitados por polígonos, contendo um conjunto de características similares, para cada unidade.
- Aplicação das ferramentas de consulta dos SIGs sendo possível inferir as relações conjuntas entre as diversas unidade de áreas

Os conceitos de unidade de área podem ser empregados nos SIGs até hoje, porém merecem ser discutidos.

Outra contribuição para embasamento da tecnologia dos SIGs, pode ser obtida nos conceitos da Geografia Quantitativa, que ficou conhecida nos países de língua inglesa como “New Geography” e no Brasil como “Geografia Teorética”.

A Geografia Quantitativa tem como ponto principal analisar o espaço geográfico a partir de modelos matemáticos, para tanto se fundamenta no positivismo lógico. As similaridades e diferenças entre os lugares são definidas através da mensuração na qual se utilizam técnicas estatísticas descritivas como o desvio-padrão, o coeficiente de variação e a análise de agrupamento, sendo assim, é a técnica estatística que permite revelar as regiões de uma dada porção da superfície terrestre.

Chorley e Haggett (1975) afirmam que para analisar os sistemas geográficos de um determinado lugar é preciso construir “modelos” a serem verificados e validados por técnicas estatísticas, a partir do confronto com os dados de campo (verdade terrestre). Isto significa que o estudo dos padrões de distribuição espacial dos fenômenos geográficos passa a formar uma base para estudos quantitativos do espaço. Bailey e Gattrel (1995) reforçam essa teoria ao afirmar que a Geografia Quantitativa dá grande ênfase as técnicas de análise espacial e a Geoestatística, sendo assim, vários conceitos advindo da estatística espacial passam a fazer parte integrante das técnicas de análise utilizada pelos geógrafos.

A divisão regional assim concebida pressupõe uma objetividade máxima, implicando a ausência de subjetividade por parte do pesquisador. Na Nova Geografia, o conceito de sistema de regiões está calcado explicitamente nos princípios da classificação, tal como se adota nas ciências da natureza. São os propósitos de cada pesquisador que norteiam os critérios a serem selecionados para uma divisão regional.

Para qualquer fenômeno que necessariamente tenha uma expressão espacial é possível o estabelecimento de uma divisão regional. Deste modo, a região torna-se uma classe de área constituída por diversos indivíduos similares entre si. Tal sistema pode ser concebido de dois modos: através da divisão lógica e do agrupamento. Além disso, a Geografia Quantitativa tem buscado suporte computacional na inteligência artificial como é o caso das redes neurais e da lógica nebulosa.

Com isto o estudo dos fenômenos geográficos tem como principal ferramenta de análise o computador, favorecendo, assim, o aparecimento dos primeiros SIGs na década de 70, dando um grande impulso à escola da Geografia Teórica. Nos Estados Unidos da América, a Geografia Quantitativa continua sendo bastante importante para alguns pesquisadores e os SIGs se transformaram em ferramentas fundamentais para o desenvolvimento de projetos geográficos. O *tecnicismo* tornou-se uma versão moderna da ideologia da neutralidade científica. Pode-se citar como exemplo, o projeto implementado pela Clark University, cujo programa de Pós-Graduação desenvolveu o IDRISI, utilizado com sucesso, em várias universidades americanas e brasileiras.

Para Câmara (2001) o desafio de incorporação da Geografia Quantitativa aos SIGs, ainda não está plenamente realizado tendo em vista que, os SIGs

ainda se comportam como “Sistemas Cartográficos de Informações”, onde se prioriza a natureza estatística de suas representações computacionais.

A linha mais recente do pensamento geográfico é a Geografia Crítica. Esta linha de pensamento vem criticando fortemente a Geografia Quantitativa, pois a caracterização do espaço geográfico através de grandezas mensuráveis não conseguem explicar os processos socioeconômicos e nem entender os componentes das ações e as intenções dos agentes sociais.

Para vários autores a Geografia Quantitativa desenvolve uma tecnologia de intervenção na realidade e seria, portanto um instrumento da dominação burguesa, um aparato do Estado capitalista. A polêmica, entre as duas vertentes, é uma luta ideológica no plano do pensamento. O saldo da Geografia Quantitativa é um desenvolvimento técnico, minimizado frente ao empobrecimento real da análise por ele empreendida.

O conjunto de propostas que se pode denominar Geografia Crítica advém de uma postura crítica radical, frente à Geografia existente, a qual será levada ao nível de ruptura com o pensamento anterior. Em termos de uma concepção mais global de Geografia, cabe uma exposição mais minuciosa da proposta de Milton Santos utilizada atualmente para um projeto de nova geração de SIGs.

Santos utiliza os conceitos de *forma, função, estrutura e processo* para descrever as relações que explicam a organização do espaço geográfico. A forma é o aspecto visível do objeto, a função constitui uma atividade ou papel a ser desempenhado pelo objeto, a estrutura refere-se à maneira pela qual os objetos estão inter-relacionados entre si e o processo é uma ação que se realiza continuamente visando um resultado qualquer, implicando tempo e mudança“.

Para Câmara (2001) a relevância deste conceito de espaço geográfico no desenvolvimento de novas tecnologias dos SIGs é mais conceitual do que prática, pois ainda não é possível representar de forma plena a dualidade forma-função e estrutura-processo, pois o uso de representações computacionais geométricas e de modelos funcionais sempre implica numa materialização das noções de espaço.

De acordo com o mesmo autor na atual geração de SIGs, pode-se caracterizar adequadamente a forma de organização do espaço, mas não a

função de cada um de seus componentes. Pode-se ainda estabelecer qual a estrutura do espaço, ao modelar a distribuição geográfica das variáveis em estudo, mas não em toda sua plenitude, a natureza dinâmica dos processos de constante transformação da natureza, em consequência das ações humanas.

Santos (1995) buscando uma visão geral sobre os conceitos de espaço afirma que o espaço geográfico é um sistema de objetos e um sistema de ações. A partir desta linha de pensamento, Santos afirma que há uma necessidade de se libertar da idéia de visão estática do espaço ao incluir a componente de processos variantes no tempo como parte essencial do espaço. Santos procura também diferenciar o conceito de espaço de paisagem, na qual a paisagem é o conjunto de forma que num dado momento, expressa as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza. O espaço é composto dessas relações mais a vida que as anima.

Porém Câmara (2001) ressalva que no ponto de vista da geoinformação, a noção de sistema de objetos e sistema de ações coloca-se num nível mais teórico do que a formulação anteriormente descrita por Santos e que esses conceitos esbarram em três questões para serem implementados em um ambiente computacional: Como modelar os sistemas de objetos? Como representar os sistemas de ações? Como expressar as interações entre os objetos e as ações? Para representar os sistemas, será preciso descrever cada um dos diferentes tipos de objetos componentes do espaço.

Recentemente um dos avanços mais recentes na área dos SIGs é o uso de Ontologias. Definindo ontologia, Fonseca (2000) lembra que esta é uma teoria que especifica um vocabulário relativo a um certo domínio que define entidades, classes, propriedades, predicados e funções e as relações entre estes componentes. Uma ontologia do mundo geográfico pode ajudar a entender como diferentes sociedades trocam informações e estabelecem correspondências e relações entre os diferentes domínios de entidades espaciais. Sowa (2000) afirma que o uso de ontologias em SIGs é uma maneira de integrar técnicas de representação do conhecimento em uma tecnologia com uma forte tradição geométrica e cartográfica.

Apesar das inúmeras dificuldades relatadas da utilização dos SIGs como ferramenta de estudo e análise do espaço geográfico, pode-se perceber que

Geografia é a ciência que mais contribuiu no desenvolvimento dos SIGs no Brasil e no Mundo.

Apresentaremos, a seguir, as principais linhas de estudo da Geografia em que os SIGs constituem ferramentas fundamentais na análise do espaço.

### **APLICAÇÕES AMBIENTAIS**

De acordo com XAVIER DA SILVA (2001), os SIGs podem ser entendidos como poderoso elo de ligação entre diferentes campos da pesquisa ambiental tais como geomorfologia, conservação ambiental, análise de impactos, planejamento ambiental dentre outros. Os SIGs permitem a captura, o armazenamento, a atualização de dados, a análise e a integração de dados ambientais.

Podemos apontar pelo menos quatro grandes dimensões dos problemas ligados aos Estudos Ambientais, onde é grande o uso da tecnologia de SIGs: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais. Nesta visão, os estudos de Mapeamento Temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como significância para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros. Exemplos seriam os levantamentos temáticos tais como: geologia, geomorfologia, solos e cobertura vegetal; dos quais o Brasil ainda hoje é bastante deficiente, especialmente em escalas cartográficas maiores.

### **APLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS**

De acordo com Ramirez (1994) as aplicações socioeconômicas tanto podem ser realizados com o objetivo de planejamento - análise preliminar - quanto de avaliação de mudanças em uma dada região devido a políticas públicas - análise posterior. As aplicações sócio-econômicas também se distinguem de acordo com os grupos de origem: uso da terra, ocupação humana e atividades econômicas. Os dados utilizados para esse tipo de aplicação são obtidos através de mapas temáticos, cartas topográficas, fotografias aéreas, imagens de satélites e de dados censitários.

Exemplos típicos que utilizam os dados de mapas, cartas e imagens são as políticas para uso da terra, tais como: cadastramento imobiliário rural e urbano, definição de uma política para uso do solo, aplicação envolvendo serviço de utilidade pública e alocação de recursos em geral para manutenção e expansão da infraestrutura de uma dada região.

Dale (1993) afirma que um sistema informação sobre uso da terra manipula basicamente os limites de propriedades ou de uma região, através de mapas e descrições associados, contendo valor - venda, aluguel; o tipo de uso rural - urbano, cobertura vegetal, construção, infraestrutura, população e etc. Os dados deste sistema devem ser os mais atualizados e completos possíveis, pois se houver algum dado desatualizado pode ocorrer disputa de terras ou cobranças de impostos indevidas. Os benefícios acarretados por este sistema são a redução dos casos de disputa de propriedade podendo assim agilizar o processo de reforma agrária, a monitoração do mercado imobiliário e uma maior eficiência na cobrança de impostos.

Atualmente no Brasil já existem algumas prefeituras como Curitiba, a pioneira desta aplicação, e Rio de Janeiro, que possuem órgãos exclusivos, que tem como objetivo principal o ordenamento do solo urbano. Na área rural, o INCRA tem efetivado um grande papel no ordenamento do solo rural e a partir do uso dessa técnica os números de assentamentos na reforma agrária tem aumentado significativamente.

As aplicações que utilizam os dados censitários preocupam-se com a distribuição estatística de população em uma determinada área associando a infra-estrutura existente, planejamento de infra-estrutura e mapeamento de endemias.

Existe um crescente uso de SIGs para auxiliar os serviços de utilidade pública desde simples mapeamento até sistemas sofisticados envolvendo simulação. A natureza dos serviços de utilidade pública varia enormemente de país para país, refletindo também nos SIGs utilizados. O georeferenciamento dos serviços de utilidade pública pode ser obtido através de uma carta topográfica, que funciona como uma base espacial, onde os dados são referenciados.

No Brasil existe uma grande aplicação desta técnica em empresas prestadoras de serviços públicos como fornecedora água, luz e telefonia. Mas recentemente a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) foi pioneira na América do Sul na utilização de SIGs para mapeamento e criação de banco de endemias. Os dados relacionados para criação deste banco vão desde a qualidade da água subterrânea e superficial para diagnosticar as principais doenças relacionadas os corpos hídricos até de epidemias como AIDS. Esta nova linha de pesquisa tem chamado a atenção de vários geógrafos, e



dentro da própria ciência já existe uma linha de pesquisa denominada Geografia da Saúde que tem como ferramenta básica para seu estudo os SIGs.

### ESCALA DE TRABALHO EM UM SIG

Maguire (1993) também classifica as aplicações de um SIG em: socioeconômicas e ambientais. Aquelas envolvem o uso da terra, os seres humanos e a infraestrutura existente; estas enfocam o meio ambiente, o uso de recursos naturais e de gerenciamento, envolvendo a realização de estudos para remediar problemas e garantir a preservação de determinadas características. Segundo o mesmo autor, o tipo de aplicação determina a escala e as fontes de dados utilizadas. Por exemplo, as aplicações socioeconômicas são geralmente voltadas para grandes escalas, enquanto as aplicações ambientais voltam-se, geralmente, para médias escalas territoriais. No entanto, esta regra nem sempre é utilizada, pois estudos ambientais podem, também, ocupar-se com regiões de pequenas extensões exigindo, assim, o emprego de escalas maiores de detalhamento, tendo em vista que os estudos socioeconômicos ao abordar migrações populacionais podem exigir uma escala de menor detalhamento.

Podemos exemplificar a escala de trabalho nas aplicações de SIGs em áreas socioeconômicas ou ambientais, a partir das Escalas Geográficas e Cartográficas, sintetizadas na tabela 2.

TABELA 2 – PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO SIG A PARTIR DAS ESCALAS

ESCALA GEOGRÁFICA	ESCALA CARTOGRÁFICA	APLICAÇÕES
Global	1:5.000.000 para menor	Aplicação em Recursos Ambientais, Desmatamento e Desertificação e etc.
Nacional	1:1.000.000 e 1:500.000	Planejamento e Monitoramento Ambiental e etc.
Regional	1:250.000 e 1:100.000	Previsão de Safras, Zoneamento Florestal etc.
Municipal	1:100.000 a 1:10.000	Recursos Hídricos, planos diretores, planejamento

		urbano e etc.
Local	1:10.000 a 1:2.000	Cadastro urbano, serviços públicos, projeto de engenharia e etc.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As definições de SIGs refletem, cada uma a sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização.

A partir dos conceitos descritos, duas importantes características de SIGs tornam-se possíveis de serem determinadas. A primeira, é que tais sistemas possibilitam a integração dos dados em uma única base de informação geográfica provenientes de diferentes fontes, tais como: dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, etc. A segunda, é que os SIGs oferecem mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados, através de algoritmos de manipulação e análise.

Ressaltamos que o domínio de aplicações em SIG vem se ampliando cada vez mais, acompanhando a evolução dos dispositivos de coleta e as facilidades computacionais em geral. Assim sendo, cada aplicação requer a manipulação de fenômenos geográficos distintos, associados a diferentes características e propriedade que variam no espaço e no tempo, além de existir também, um número variado de usuários especialistas em um determinado domínio do conhecimento, como por exemplo: arquitetos, geógrafos, geólogos, historiadores, sociólogos e etc.

Podemos concluir que o SIG é uma ferramenta importante para todas as áreas do conhecimento que lidam com as Geociências, sendo que a área que mais vem contribuindo para o seu desenvolvimento é a Geografia.

Também os SIGs tem que ser compostos por programas capazes de atender às necessidades de cada projeto, operar em ambiente multi-usuário e multi-tarefa e de integrar dados oriundos de diversas fontes e formatos. Ao se falar de dados, deve-se ressaltar que atualmente o Sensoriamento Remoto tem sido uma forma rápida e confiável de obtenção de dados da superfície terrestre. Além disso, o Sensoriamento Remoto deu um grande salto qualitativo no final do século XX, pois com o fim da Guerra Fria, surgiram novos sensores com alta resolução espacial e espectral o que

permitiu aos SIGs a ampliação em sua área de atuação, tornando então os SIGs e Sensoriamento Remoto tecnologias complementares.

Com o desenvolvimento da tecnologia da informática a análise de mapas em um SIG se tornou mais interativa. O usuário hoje possui um número significativo de programas capazes de cruzar os mapas e oferecer resultado tanto quantitativo como qualitativos.

Quando se fala em mapas pode-se descrever também que a cartografia é a principal interface entre o usuário e o sistema e, com o desenvolvimento dos SIGs foi possível desenvolver a cartografia digital o que possibilitou a redução de custo na criação e reprodução deste produto.

A aplicação desta tecnologia possibilitou a geração de banco de dados georeferenciados, o que viabilizou o cruzamento e análise de um grande número de informações, facilitando o acompanhamento e evolução espaço-temporal de diferentes temas. A partir da criação deste banco é possível monitorar e gerenciar de forma mais rápida, adequada e eficiente qualquer área de estudo. Outra vantagem desta tecnologia é a redução do espaço físico no armazenamento dos dados analógicos (mapotecas e arquivos), além das facilidades de atualizar dados em sue banco.

Mas apesar de todas qualidades que já foram demonstradas pelos SIGs, verificam-se ainda limitações quanto a análises mais complexas dos dados e também quanto à apresentação de falhas no produto final - confecção de mapas temáticos. Temos um longo caminho pela frente, “a lua é pequenina, e a caminhada perigosa”.

## REFERÊNCIAS

- ASSAD, E.D. e SANO E.E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na agricultura**. Brasília: EMPRAPA, 1998.
- ARONOFF, R. **Geographic Information Systems**. Canada: WDL Publications, 1989.
- BAILEY, T and GATTREL, A. **Spatial Data Analysis by Example**. London: Longman, 1995.
- BURROUGH, P.A.; VAREKAMP, C. and SKIDMORE, A.K. Using Public Domain Geostatistical and GIS Software for Spatial Interpolation. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 62 (7): 845-854, 1996.
- CAMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados**. São Jose dos Campos: INPE, 1995.
- CAMARA, G. et al. Anatomia de Sistema de Informação Geográfica. In: Escola da Computação, 10., 1996, Campinas. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 1996.
- CAMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. e MEDEIROS, J.S. **Representações Computacionais do Espaço: Um diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

- CHORLEY, R. E HAGGETT, P. **Modelos Integrados em Geografia**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos – EDUSP, 1975.
- DALE, P.F. Land Information Systems. In: MAGUIRE, D.; GOODCHILD M. and RHIND, D. (Org.) **Geographical Information Systems**. volume II John Wiley and Sons, 2<sup>a</sup> edition, 1993.
- DANGERMOND, K. A Classification of Software Components Commonly Used in Geographic Information Systems. In **Introductory Readings in Geographical Information Systems**. London: Taylor and Francis, 1990.
- FELGUEIRAS, C.A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores**. São José dos Campos: INPE, 1986.
- FONSECA, F. Et al Ontologias e Interoperabilidade Semântica entre SIGs. In: Workshop Brasileiro em Geoinformática, 2., 2000, São Paulo. **Anais**. São Paulo: GeoInfo, 2000.
- GOODCHILD, M. Geographical data modeling. **Computers & Geosciences**, 18 (4), p. 401-408, 1992.
- GOOVAERTS, P. **Geostatistics for Natural Resources Evaluation**. New York: Oxford University Press, 1997.
- HARTSHORNE, R. **Propósitos e Natureza da Geografia**. São Paulo: Hucitec – EDUSP, 1979.
- HEUVELINK, G **Error Propagation in Environmental Modeling with GIS**. London: Taylor and Francis, 1998.
- LOPES, S.S. et al. **GIS Introdução**. São Jose dos Campos: INPE, 2000.
- MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M. and RHID, D. (editors) **Geographical Information Systems** – volume I –. John Wiley and Sons, 2<sup>a</sup> edition, 1993.
- MAGUIRE, D; GOODCHILD, M. and RHID, D. (editors) **Geographical Information Systems** – volume II –. John Wiley and Sons, 2<sup>a</sup> edition, 1993.
- MAHONEY, R. GIS and Utilities. In: MAGUIRE, D.; GOODCHILD M. and RHIND, D. (Org.) **Geographical Information Systems**. volume II John Wiley and Sons, 2<sup>a</sup> edition, 1993.
- MEDEIROS, J.S. e CAMARA, G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**, 2<sup>a</sup> edição, INPE, São José dos Campos, 1998.
- PEUQUET. D. It's about time: A Conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics en Geographic Information Systems. In: **Annals of the Association of American Geographers**, 1990.
- RAMIREZ, M. **Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados para Geoprocessamento**. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 1994.
- ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2002.
- SANTOS, M. **Espaço e Método**. São Paulo: Nobel, 1985.
- SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo. Razão e Emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996.
- SMIT, B and MARK, D. Ontology and Geographic Kinds. In: **international Symposium on Spatial Data Handling**. Vancouver, Canada, 1998.
- SOWA, J.F. **Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations**. California: Brook Cole, 2000.
- XAVIER DA SILVA, J. Metodologia de Geoprocessamento. **Revista de Pós-Graduação em Geografia**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p. 25-34, set. 1997.
- XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. do Autor, 2001.