

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ANÁLISE ESPACIAL EM TRANSPORTES, MEIO AMBIENTE E OCUPAÇÃO DO SOLO

Isolina Cruz

Instituto Militar de Engenharia – IME
Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha
Rio de Janeiro – CEP 22290-270
solicruz@yahoo.com

Vânia Barcellos Gouvêa Campos

Instituto Militar de Engenharia – IME
Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha
Rio de Janeiro – CEP 22290-270
vania@ime.eb.br

RESUMO

A evolução dos Sistemas de Informações Geográficas possibilitou sua crescente utilização como ferramenta de auxílio à análise espacial, tornando possível avaliar cenários geográficos com rapidez e conseqüentemente tornar mais ágil as tomadas de decisão tanto em nível governamental como no gerenciamento de uma empresa. Assim, neste trabalho, apresentam-se algumas características da associação destas técnicas e alguns exemplos de aplicação das mesmas.

ABSTRACT

The evolution of the Geographic Information Systems made possible the increase of its usage as a tool to help in Spatial Analysis and to evaluate geographic sceneries with rapidness, and consequently, it became the decision making by both government and company management faster. Thus, this works presents some characteristics of these technical associations and some example of its application.

PALAVRAS CHAVE

SIG, Análise Espacial, Transporte.

1. INTRODUÇÃO

A coleta de informações relacionadas com o espaço geográfico, como, por exemplo, a distribuição territorial de recursos minerais, propriedades, animais e vegetação, sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas e suas organizações científicas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em mapas e documentos em papel. Sendo assim, as informações eram geralmente de fácil acesso e manipulação, mas dificultavam uma análise que combinasse diversos mapas e dados. O desenvolvimento da tecnologia de computadores e de ferramentas matemáticas para análise espacial, que ocorreu na segunda metade do século XX, abriu possibilidades diversas, entre elas a habilidade de armazenar, recuperar e combinar os dados disponíveis sobre um território.

Segundo SCHMIDT et al., (2003) tem havido um grande desenvolvimento de novas técnicas para o estudo de dados observados ao longo de uma região geográfica, como, por exemplo, o número de casos de doenças respiratórias numa cidade, a modelagem de poluentes do ar num

grande centro urbano, etc. Também do ponto de vista geográfico, podemos observar o avanço de diversas técnicas, assim como os Sistemas de Informação Geográficos (SIG) que têm facilitado a visualização e armazenamento de informações relevantes, por ser um sistema automático que codifica, gerencia e analisa dados espaciais.

Assim, considerando a importância dos dados geográficos e da necessidade de manipulá-los com maior facilidade, desenvolveu-se um estudo em que se procurou verificar como um SIG pode estar associado a análise espacial para desenvolvimento de estudos na área de transporte, meio ambiente e espaço urbano.

2. ANÁLISE ESPACIAL

BAILEY (1994, apud ROCHA,2004) define a Análise espacial como uma ferramenta que possibilita manipular dados espaciais de diferentes formas e extrair conhecimento adicional como resposta. Incluindo funções básicas como consulta de informações espaciais dentro de áreas de interesse definidas, manipulação de mapas e a produção de alguns breves sumários estatísticos dessa informação; incorporando também funções como a investigação de padrões e relacionamentos dos dados na região de interesse, buscando, assim, um melhor entendimento do fenômeno e a possibilidade de se fazer previsões.

Para MENESES (2003) a análise espacial apresenta duas vertentes principais, são elas: estatística espacial e geocomputação. A primeira gera modelos matemáticos de distribuição e correlação, os quais incorporam propriedades de significância e incerteza, resultantes da dimensão espacial. Já a geocomputação usa técnicas de redes neurais, busca heurística e autômatos celulares para explorar grandes bases de dados e gerar resultados empíricos (não exatos) melhores que as técnicas convencionais, mas com ampla aplicabilidade prática. Estes instrumentos de análise espacial proporcionam maior confiabilidade aos resultados de investigações sobre a realidade modelada (CÂMARA, 2000).

Segundo BERTINI (2003) as relações espaciais são muito importantes em aplicações geográficas, sendo que o domínio da aplicação determinará a importância de cada tipo de relação. As relações espaciais podem ser agrupadas em três categorias:

- Topológicas: descrevem conceitos de vizinhança, incidência, sobreposição, não variando com a escala ou com a rotação, como por exemplo, disjunto, adjacente, dentro de.
- Métricas: consideradas em termos de distâncias (como perto, longe) e direções (descrevem a orientação no espaço, como por exemplo, norte, sul etc.)
- De ordem (total ou parcial): são descritas por posições do tipo em frente a, acima de, abaixo de etc.

Os dados geográficos (ou geo-referenciados) são dados espaciais cuja dimensão espacial está associada à sua localização na superfície da terra, em um determinado instante (período de tempo). Segundo BERTINI (2003) as entidades geográficas estão no espaço geográfico e são objetos identificáveis no mundo real, com características espaciais e relacionamentos espaciais com outras entidades geográficas. O dado espacial descreve fenômenos associados a dimensões espaciais. A representação espacial de um objeto geográfico é a descrição de sua forma geométrica associada à posição geográfica. Os dados geográficos possuem três características importantes:

- Espaciais: informam a geometria e posição geográfica do fenômeno
- Não-espaciais: descrevem o fenômeno
- Temporais: informam o período de validade dos dados geográficos e suas variações no tempo

Além disso, os dados geográficos têm as seguintes propriedades:

- Geométricas - representada pelas feições geométricas primitivas (ponto, linha, polígono), para as quais se estabelecem relacionamentos métricos em relação a um sistema de coordenadas. As propriedades geométricas dependem: do comprimento, da sinuosidade e orientação (linha); do perímetro e área (polígono); do volume (entidades tridimensionais); da forma e da inclinação (linha e polígono)
- Topológicas: propriedades não-métricas, baseadas na posição relativa dos objetos no espaço, tais como conectividade, orientação (de, para), adjacência e contenção.

O processo da análise espacial segundo CÂMARA et al. (2002) compreende um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno. Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral através de mapas. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas não só em relação ao tipo de distribuição, mas também em relação aos vizinhos e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Através desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações, de forma a selecionar o modelo inferencial melhor suportado pelos dados.

Os modelos de inferência espacial são usualmente apresentados em três grandes grupos: variação contínua, variação discreta e os processos pontuais. A resolução de um problema espacial pode envolver a utilização de um deles ou a interação de alguns ou mesmo de todos assim, definidos:

- Variação contínua: consideram um processo estocástico, cujos valores podem ser conhecidos em todos os pontos da área de estudo.
- Variação discreta: dizem respeito à distribuição de eventos cuja localização está associada a áreas delimitadas por polígonos.
- Processo pontual: é definido como um conjunto de pontos irregularmente distribuído em um terreno, cuja localização foi gerada por um mecanismo estocástico.

A necessidade de quantificação da dependência espacial presente num conjunto de geodados levou ao desenvolvimento da chamada estatística espacial. Segundo Anselin (1992), “a característica que distingue a análise estatística dos dados espaciais é que seu foco principal está em inquirir padrões espaciais de lugares e valores, a associação espacial entre eles e a variação sistemática do fenômeno por localização”.

As técnicas de estatística espacial distinguem-se das demais técnicas empregadas em análise estatística por considerar explicitamente as coordenadas dos dados no processo de coleta, descrição ou análise dos dados. Utiliza-se o termo autocorrelação espacial para diferenciar da correlação da estatística convencional, tendo em vista que nessa a correlação é obtida a partir

de duas variáveis diferentes, sem referência a sua posição no espaço; no caso da autocorrelação, empregam-se no cálculo os valores de uma mesma variável em duas posições diferentes. (Rocha 2004).

3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO

Desde sua concepção inicial, mais simplista e voltada para o projeto e construção de mapas, os SIG têm incorporado uma crescente variedade de funções. Em especial, apresentam mecanismos sofisticados para manipulação e análise espacial de dados, permitindo uma visualização bem mais intuitiva dos dados do que a obtida através de relatórios e gráficos convencionais.

DANTAS et al. (1996), apud MENESES (2003) divide a evolução do SIG em três fases: manipulação e visualização de banco de dados (primeira fase), operações analíticas de dados não gráficos e estrutura organizacionais (segunda fase) e análise espacial (terceira fase).

Iniciada na década de 50, a primeira fase é marcada pela necessidade de armazenar, organizar, processar e visualizar dados. Isto deu origem as primeiras versões de SIG, baseadas na manipulação e visualização de dados.

Na segunda fase, o aumento da capacidade de processamento e de memória dos computadores possibilitou novas concepções e a popularização do SIG, conforme TEIXEIRA et al. (1995) apud MENESES (2003). Nesta nova perspectiva, as operações analíticas são enfatizadas por meio de modelos matemáticos com dados numéricos não gráficos.

Já a partir da década de 80, a terceira fase é marcada pela redução de recursos para a pesquisa científica em contraponto ao crescimento do setor industrial e comercial do SIG. Nesta fase o potencial do SIG é mais explorado, combinando atributos não geográficos com as relações topológicas dos objetos geográficos para efetuar análises espaciais sobre dados georeferenciados (DANTAS et al., 1996 apud MENESES, 2003).

Ainda, segundo DANTAS et al. (1996), os SIG atuais podem ser considerados como “um tipo de Sistema de Informação, que envolve de forma sistêmica e interativa Banco de Dados, Tecnologia e Pessoal, sendo capaz de realizar Análises Espaciais, armazenar, manipular, visualizar e operar dados georeferenciados para a obtenção de novas informações”.

3.1 Áreas de Aplicação do SIG

OLIVEIRA (1997) apresenta uma relação das diversas áreas de aplicação de SIG, divididas em cinco grupos principais:

- **Ocupação Humana** - redes de infra-estrutura; planejamento e supervisão de limpeza urbana; cadastramento territorial urbano; mapeamento eleitoral; rede hospitalar; rede de ensino; controle epidemiológico; roteamento de veículos; planejamento urbano; sistema

de informações turísticas; controle de tráfego aéreo; sistemas de cartografia náutica; serviços de atendimentos emergenciais.

- **Uso da Terra** - planejamento agropecuário; estocagem e escoamento da produção agrícola; classificação de solos; gerenciamento de bacias hidrográficas; planejamento de barragens; cadastramento de propriedades rurais; levantamento topográfico e planimétrico; mapeamento do uso da terra.
- **Uso de Recursos Naturais** - controle do extrativismo vegetal e mineral; classificação de poços petrolíferos; planejamento de gasodutos e oleodutos; distribuição de energia elétrica; identificação de mananciais; gerenciamento costeiro e marítimo.
- **Meio Ambiente** - controle de queimadas; estudos de modificações climáticas; acompanhamento de emissão e ação de poluentes; gerenciamento florestal de desmatamento e reflorestamento.
- **Atividades Econômicas** - planejamento de marketing; pesquisas socioeconômicas; distribuição de produtos e serviços; transporte de matéria-prima.

Segundo NEVES (1993) apud OLIVEIRA (1997), a noção de análise espacial num SIG baseia-se na idéia da integração de dados espaciais e de atributos alfanuméricos, traduzindo-se numa série de funções relacionadas com a seleção, pesquisa e modelagem de dados.

Conforme dito anteriormente, os sistemas de informação geográfica foram inicialmente concebidos como ferramenta de armazenamento, organização e visualização de informação geográfica e assim, nos primeiros produtos com esta tecnologia, as possibilidades de desenvolvimento de análise espacial eram pobres ou inexistentes.

4 ANÁLISE ESPACIAL USANDO SIG

A análise espacial num SIG pressupõe o conhecimento das relações espaciais entre as entidades geográficas fundamentais. A topologia é um conceito fundamental nos SIG, especialmente na análise espacial associada ao modelo vetorial de dados espaciais. É a topologia que define as relações espaciais entre os diferentes elementos gráficos (pontos, linhas, linhas e áreas), isto é, a posição relativa de cada elemento gráfico em relação aos restantes.

Embora as aplicações de análise espacial nos SIG ainda sejam limitadas, estes sistemas dispõem de várias funções analíticas que servem à etapa exploratória ou descritiva do processo de análise espacial. (MENESES, 2003)

Segundo ARONOFF (1989), existem quatro grandes categorias de funções a considerar na análise espacial em SIG:

- **Funções de acesso ou pesquisa, classificação e medição** - através deste conjunto de funções é possível ter acesso à informação gráfica e alfanumérica, possibilitando a realização de operações de *Query-Display* (pesquisa gráfica e pesquisa por atributos). Ao se efetuar um processo de análise espacial deste tipo só os atributos alfanuméricos podem ser criados e alterados.
- **Funções de superposição de mapas (*overlay*)** - este tipo de função de análise espacial constitui, em termos estruturais, um processo semelhante à manipulação de dados

relacionais em tabelas e permite a realização de análises segundo uma aproximação da álgebra booleana ou da teoria dos conjuntos.

- **Funções de análise de vizinhança** - neste grupo as operações usualmente mais desenvolvidas são as de pesquisa, topográficas e de interpolação. A definição de funções de vizinhança envolve a análise das características da área envolvente a um local específico. Neste caso, é necessário definir o domínio de aplicação e o tipo de função a aplicar numa seqüência de análise específica.
- **Funções de análise de conectividade** - estas funções são características da modelagem de dados matricial e caracterizam-se por permitir a descrição e a modelagem de processos de difusão e influência espacial. Também neste caso é necessário definir o domínio da aplicação deste tipo de função em relação à vizinhança de células, recorrendo à topologia implícita de uma estrutura em quadrícula. A definição e a simulação de processos de movimento, difusão e acumulação têm de ser explicitadas na realização de uma operação de análise espacial.

Além das ferramentas definidas anteriormente, tem-se a ferramenta *buffer* que executa operações de busca de atributos de entidades pertencentes a uma camada geográfica específica, que estão localizados a uma determinada distância de entidade de referência. Por sua vez, a ferramenta *spatial join* consiste em operações espaciais realizadas com base no relacionamento topológico entre entidades geográficas de camadas diferentes (MILLER e SHAW, 2001).

5 APLICAÇÕES DA ANÁLISE ESPACIAL COM SIG

Conforme se pode observar, a capacidade de armazenamento e de associação da informação ao espaço geográfico através de um SIG, torna a análise espacial uma ferramenta de grande auxílio aos planejadores e tomadores de decisão. Isto pode ser observado nos exemplos de aplicação apresentados a seguir.

5.1 Para o Planejamento dos Transportes

Na área de transporte evidencia-se a utilização de SIG como ferramenta de auxílio para resolução de diferentes tipos de problemas: gerência de pavimentos, transporte coletivo, rodoviário e de carga, engenharia do tráfego, localização de facilidades e planejamento de transportes. (MENESES, 2003). A análise espacial em muitos casos não se verifica, por se tratar apenas de uma informação associada a uma rede ou um espaço territorial. Porém, já existem alguns trabalhos em se procura verificar uma correlação entre o valor do dado e sua localização no espaço geográfico.

Como exemplo de aplicação do SIG na análise espacial num projeto de planejamento de transportes tem-se o plano de transportes na cidade de Bauru-São Paulo (RAIA, 2000). Neste plano o objetivo era desenvolver modelos destinados a estimar potenciais viagens urbanas que integrem por um lado o aspecto da acessibilidade e por outro o impacto da mobilidade. Um dos objetivos específicos era incorporar dados de natureza espacial a uma pesquisa origem-destino, utilizando recursos de um Sistema de Informações Geográficas. Os passos seguidos foram: utilização e tratamento dos dados de uma pesquisa O-D, uma análise preliminar do padrão de viagens observado, a criação do banco de dados em SIG, cálculo da acessibilidade e desenvolvimento de modelos de potencial de viagens.

A associação dos dados espaciais das origens e dos destinos, para posterior incorporação em meio digital foi feita usando diversos recursos de software, tais como planilha eletrônica, editores de texto, além de recursos tratamento de banco de dados do SIG.

Um dos softwares utilizado foi o TRANSCAD, versão 3.0 e a base de dados da cidade foi construída com o mesmo software, composta por diversos tipos de feições: eixos de ruas, quadras, nomes de ruas, número das quadras, trajetos de linhas de ônibus, zonas de tráfego, rios e córregos, traçados ferroviários, etc.

Para que se pudesse ter uma visão espacial dos dados, inicialmente foram produzidos mapas temáticos considerando as variáveis individualmente e, ato contínuo, construiu-se os mapas temáticos das variáveis agregadas por zonas de tráfego. O primeiro passo foi a criação de um mapa temático abordando o número de pessoas por família (Fig. 1). Embora a figura não mostre uma clara tendência espacial quanto à localização das famílias de acordo com o seu tamanho, pôde-se perceber que a maior parte das famílias mais numerosas está localizada na periferia. Posteriormente, foi criado o mapa temático da renda familiar individual, do tamanho médio de família por zona (Fig. 2), da renda média familiar por zona (Fig. 3) e a acessibilidade média por zona (Fig. 4)

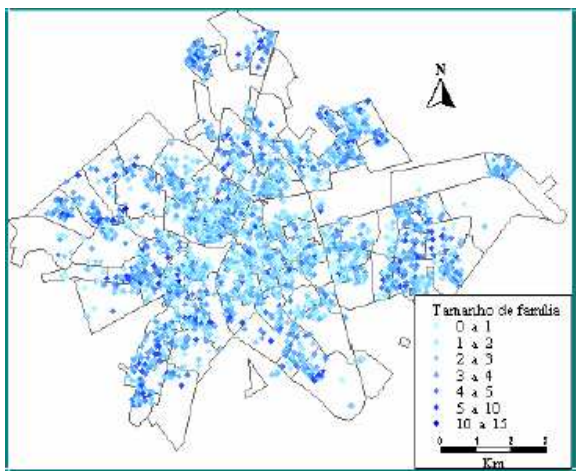


Fig. 1 Número de Pessoas por Família

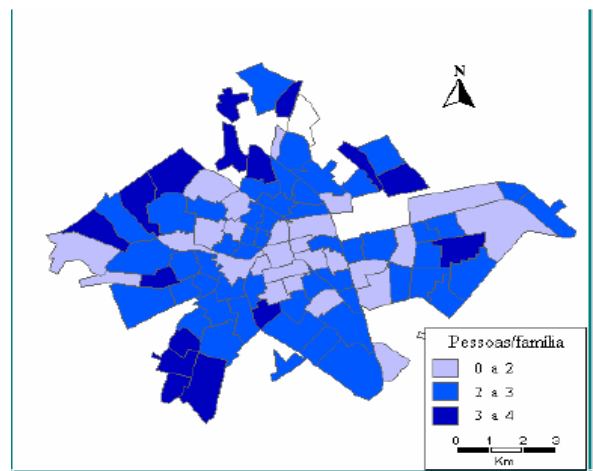


Fig. 2 Tamanho Médio de Família por Zona

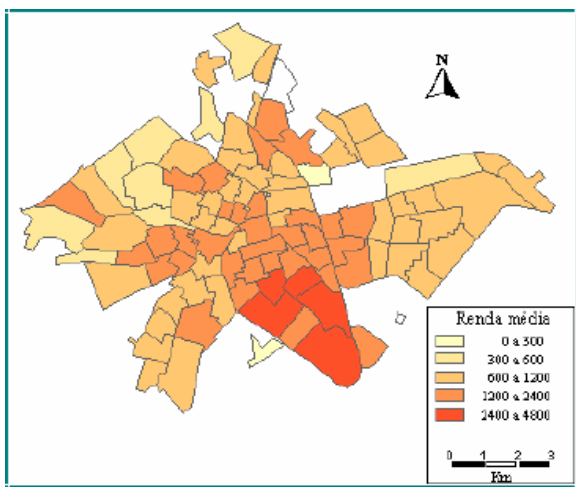


Fig. 3 Renda Familiar por Zona

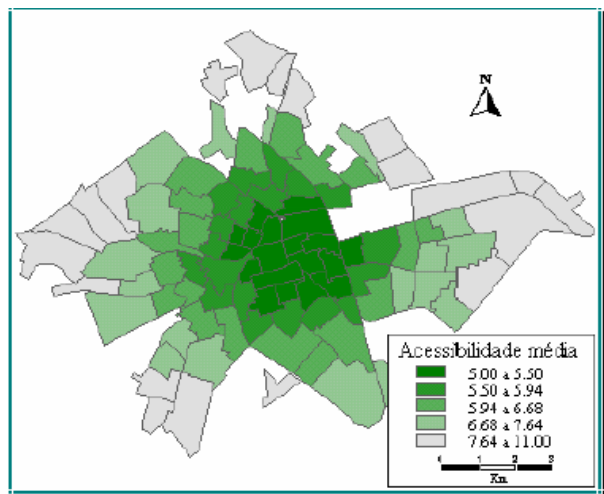


Fig. 4 Acessibilidade Média por Zona

Através dos mapas foram observadas diferentes situações da área de estudo sendo uma delas que as cinco zonas localizadas na região sul da cidade com maior padrão médio de renda estão compreendidas entre as zonas que maior número de viagens realiza, sugerindo claramente uma relação direta entre renda e realização de viagens. Embora localizadas em uma região com uma acessibilidade média, o uso provável do automóvel confere às famílias uma alta capacidade de deslocamento. Por outro lado, as duas zonas, com menor renda média, localizadas uma na região centro-nordeste e outra, na região sul, estão também entre as zonas que menor número de viagens realiza. Dessas duas zonas, a que se localiza na região centro-nordeste tem uma acessibilidade originalmente considerada boa e a outra um índice baixo; ainda assim o número de viagens realizadas é pequeno. Isto aponta para a importância de se levar em consideração não só aspectos relacionados à acessibilidade física, mas igualmente aqueles que interferem na mobilidade das pessoas.

Segundo (RAIA, 2000) o uso das ferramentas de um Sistema de Informação Geográfico foi de fundamental importância em quase todas as etapas desenvolvidas no estudo, pois permitiu manusear, alterar ou acrescentar outras informações, ou ainda trabalhar com parte dos dados com rapidez e flexibilidade.

5.2 Meio Ambiente e Transporte

Trabalhos que envolvem o planejamento ou o gerenciamento ambiental requerem um bom diagnóstico da área de interesse, o qual deve abranger a caracterização fisiográfica, biológica e humana do local ou região, bem como as inter-relações entre esses fatores, possibilitando a compreensão de sua dinâmica. É grande a quantidade de informações necessárias para se chegar a tal diagnóstico, bem como é difícil sua manipulação se não se dispuser de um sistema organizado e, preferencialmente, informatizado, que auxilie nessa tarefa.

Como exemplo da aplicação do SIG neste aspecto tem-se a análise da poluição atmosférica gerada pela emissão de gases e material particulado proveniente do tráfego de veículos automotores num trecho rodoviário. Para tanto, utilizou-se como ferramenta um Sistema de Informações Geográficas, o ArcView 3.3, associado a um modelo de previsão de poluição por material particulado a partir de dados de tráfego de veículos. (PEREIRA, 2004)

O modelo empregado para o cálculo da concentração de material particulado (fumaça) em função do volume de tráfego e da velocidade do vento, foi desenvolvido por JOYCE, WILLIAMS E JOHNSON (1975). O material particulado é medido como o peso de partículas por unidade de volume de ar em mg/m^3 e a expressão de uma concentração média para o período considerado é:

$$F = 0,1*(C_p + O_n + C_z) + 0,03*A - 2,5*W + 38$$

Onde:

F = concentração média de material particulado (fumaça) durante o período de tempo considerado (mg/m^3);

C_p = Fluxo em um sentido de veículos pesados (Vph);

O_n = fluxo em um sentido de ônibus (Vph);

C_z = Fluxo em um sentido de veículos comerciais leves (Vph);

A = Fluxo em um sentido de automóveis (Vph);

W = Velocidade do vento durante o período considerado (Km/h);

No Sistema de Informações Geográficas utilizou-se uma base de dados referente a ligação entre as cidades de Curitiba e Florianópolis contendo parte das rodovias BR-101 e 116. A partir dos volumes de tráfego constantes desta base, foram calculadas as concentrações de material particulado para o trecho. Além dos dados referentes ao tráfego de veículos, foram utilizados dados da população dos municípios cortados pelo trecho da rodovia.

No mapa criado a partir destes dados (vide Fig. 5), foi possível visualizar dados de adensamento populacional, e de concentração de material particulado para cada link considerado. Quanto maior o nível de poluição atmosférica, maior é a espessura do traço sobre a rodovia. Quanto maior a população do município mais escura é a sua representação (vide Fig. 6).

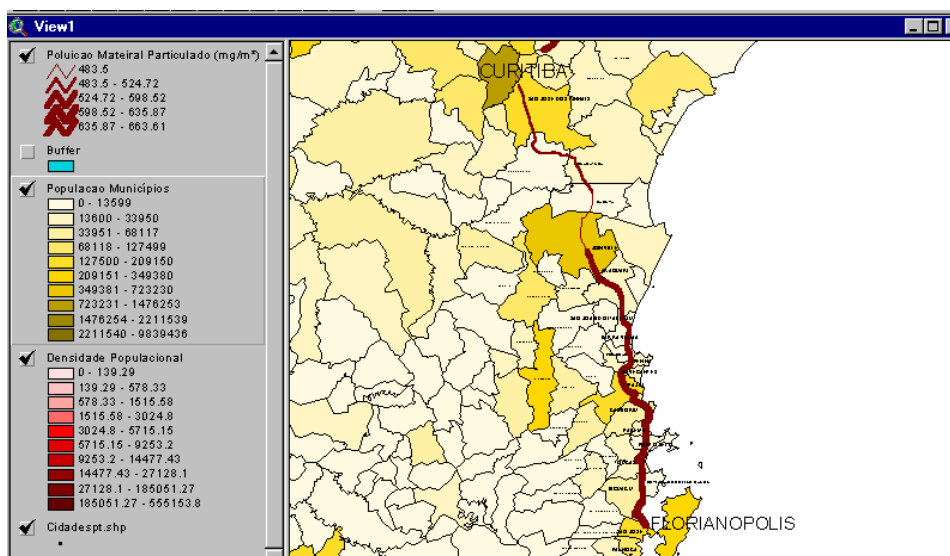


Fig. 5 Mapa do trecho rodoviário considerado

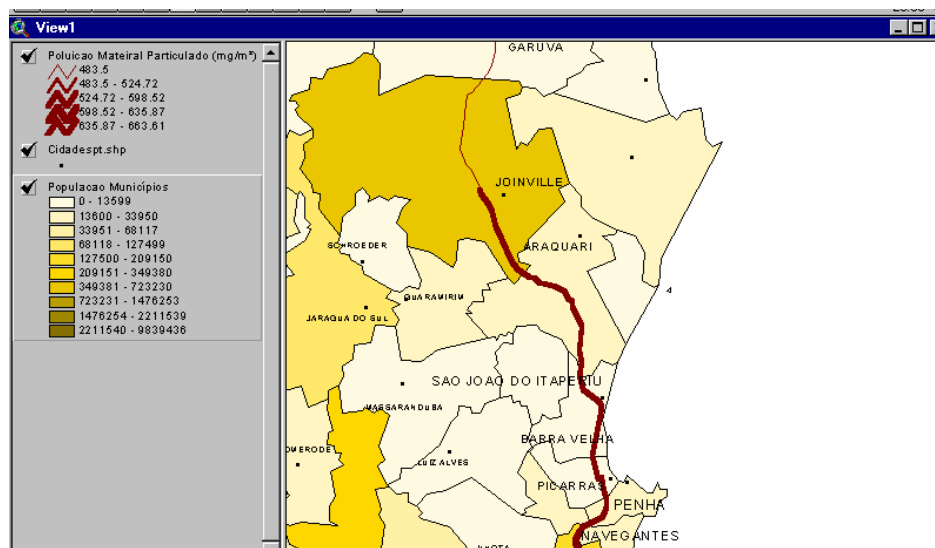


Fig. 6 Menor e Maior nível de Poluição

A partir das informações disponíveis no Sistema de Informações Geográficas foi possível identificar quais eram os municípios sujeitos aos maiores níveis de poluição provocada pelo tráfego e quais eram as áreas mais densamente ocupadas que estão sendo afetadas por essa poluição.

Com o intuito de se estimar o número aproximado de pessoas afetadas com mais intensidade pela poluição gerada pelo tráfego, no trecho estudado, foi criado um “Buffer”, que é uma faixa a partir de uma distância especificada da rodovia, por exemplo, 2,00 km, como apresentado na Fig.9 a seguir. Observando-se que ao longo desta faixa existem aproximadamente 200.000 habitantes sendo afetados por uma alta poluição atmosférica.

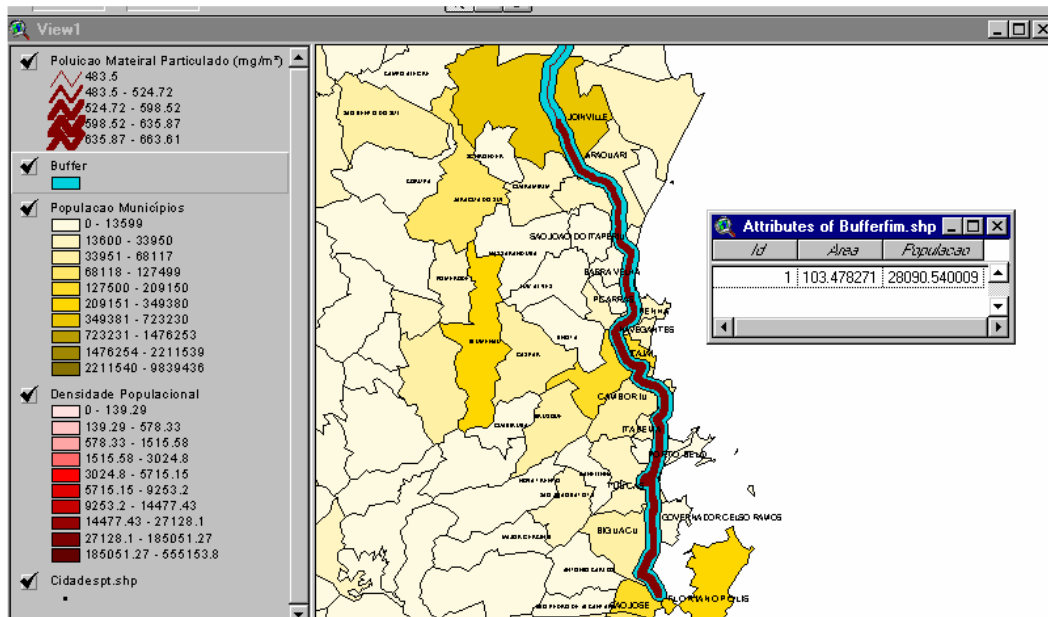


Fig.7 Análise por meio de “Buffer”

Neste caso, pode-se ver que associação de dados relacionados com o espaço geográfico possibilitou uma primeira análise sobre uma questão ambiental em função da localização da população em relação à rodovia e o tráfego na mesma. Um melhor análise deve incluir a população destes municípios que estão dentro da faixa de 2 km, para então se ter uma idéia mais apurada da população afetada.

5.3 Ocupação do Solo e Meio Ambiente

As análises espaciais se constituem na chave para a resolução de problemas na gestão do ambiente, principalmente se o usuário puder sintetizar e exibir dados espaciais de muitas maneiras, bem como, combinar múltiplos temas para descobrir suas relações espaciais.

Dentro desta idéia, uma análise Sócio-Econômica utilizando SIG foi realizada para a Bacia do Rio do Cobre, Bahia, partindo do pressuposto que a reflexão sobre a qualidade da ocupação auxilia na avaliação ambiental de bacias hidrográficas urbanas. Ressalta-se que, ao longo do tempo, principalmente, a partir dos anos 80, o uso e ocupação do solo de forma desordenada provocaram alterações ambientais negativas na bacia do Cobre, tornando-se claro a necessidade de compreensão de sua realidade ambiental e, conseqüentemente, subsidiar o

desenvolvimento de ações satisfatórias em busca da estabilidade do sistema ambiental. (CERQUEIRA et al., 2003).

O trabalho teve como objetivo analisar as condições sócio-econômicas da Bacia do Rio do Cobre, a partir da espacialização de índices elaborados através do cruzamento de variáveis do Censo 2000. A Bacia do Rio do Cobre é uma região de grande relevância ecológica, ameaçada por graves problemas, típicos das periferias urbano-marginais das grandes cidades como é o caso de Salvador.

Neste trabalho foi utilizado o Sistema de Informações Geográfica – SIG, ArcView 8.2 como instrumento de subsídio às análises para as questões supracitadas. Esta ferramenta contribuiu para dois momentos importantes: o primeiro que consistiu na geração, atualização, integração e análise de informações geo-referenciadas e/ou dados socioeconômicos da bacia e o segundo na representação cartográfica dos resultados obtidos.

Os dados processados geraram diferentes mapas temáticos através dos quais se pode observar que a Bacia do Rio do Cobre vem sofrendo um processo de pressão populacional de “fora para dentro” e que seus limites internos apesar de caracterizados por uma baixa densidade sofre interferências da ocupação desordenada adjacente (Fig.8). Além disso, a ocupação do solo, com precários sistemas de infra-estrutura urbana, vem contribuindo para a degradação dos cursos d’água. Tal precariedade pode ser observada através de uma associação com o mapeamento do esgoto sanitário (Fig. 9) e do sistema de coleta de resíduos sólidos (Fig.10).

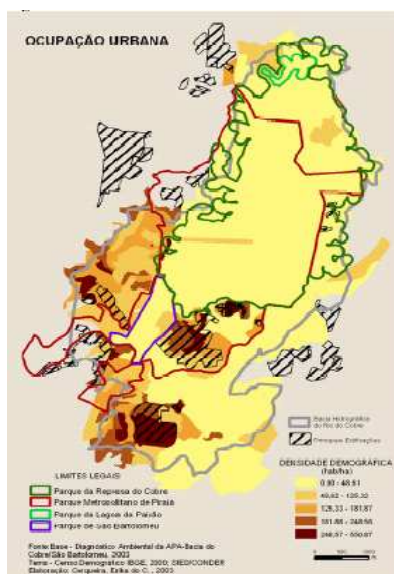


Fig. 8 Ocupação Urbana

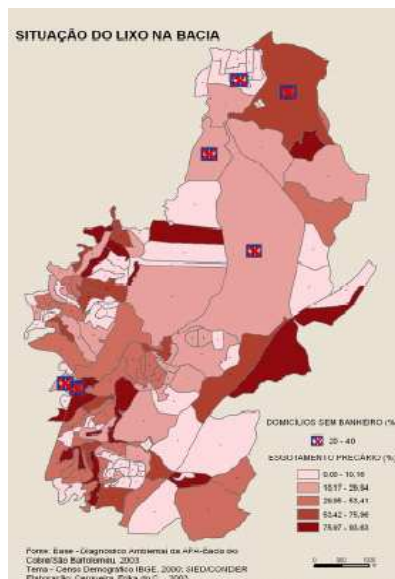


Fig. 9 Esgotamento Sanitário

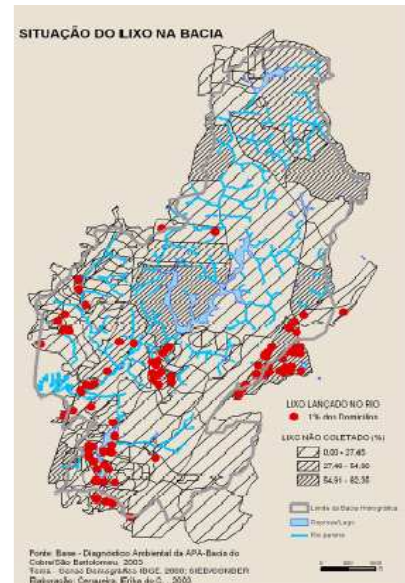


Fig. 10 Coleta de Resíduos Sólidos

Assim, foram desenvolvidos diferentes mapas para diferentes análises e os resultados demonstraram que a utilização do SIG tornou viável a análise espacial proposta, através do cruzamento de informações e da manipulação de Banco de Dados permitindo o alcance do objetivo almejado.

O uso do SIG pôde promover a agregação de dados de várias fontes, as quais puderam ser representadas espacialmente, exprimindo a totalidade e a complexidade da realidade ambiental.

6 CONCLUSÕES

A análise espacial tem contribuído para subsidiar a tomada de decisões e a conseqüente intervenção no espaço nas diversas áreas. Assim, devido à facilidade de análise e visualização a partir de produtos _imagens e mapas, gerados por um Sistema de Informações Geográficas, evidencia-se que uma das grandes capacidades de análise de dados geo-referenciados é a sua manipulação para produzir novas informações. Desta forma, análise espacial é um dos aspectos mais importantes nos processos de criação de informação com o recurso de tecnologias de Geoprocessamento.

Conforme se pode observar nos exemplos apresentados, a visualização dos resultados de uma análise através de um SIG possibilita um entendimento melhor do problema e conseqüentemente chegar mais rapidamente a uma solução ou medidas mitigadoras para a solução do mesmo.

Além disso, a análise espacial, utilizando SIG, pode ser realizada de uma maneira simples através da observação do fenômeno e de sua distribuição no espaço ou através de uma análise mais elaborada que considere a interação de vários fenômenos para explicar uma determinada situação no espaço geográfico.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARONOFF, S (1989) **Geographic Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa: WDL Publications.
- BERTINI, G. C. (2003) **Uma modelagem orientada a objeto para o mapa urbano básico de Belo Horizonte (MUB/BH)**, Monografia de Especialização, Pontifca Universidade Católica de Minas Gerais.
- CÂMARA, G. (2000) **As Roupas Novas do GIS (Parte II)**. *Revista InfoGEO*, Ano 3, Nº 13, Maio/Junho.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A M.V.; CARVALHO, M. S.; DRUCK, S (2002) **Análise Espacial de dados Geográficos**, 2ª edição (online), disponível <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>, capturado 06/2004
- CERQUEIRA, E. C., (2003) **Sig aplicado à Análise Sócio-Econômica para Fins Ambientais: O Caso Da Bacia Do Rio Do Cobre, Ba**, disponível http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/090-SG26.pdf, capturado 06-2004
- JOYCE, F. E., WILLIAMS, M. E., JOHNSON, D. M.,(1975) **The Environmental Effects of Urban Road Traffic – Evaluating Alternative Engineering and Control**, Vol. 16, nº4, April, 1975.
- MENESES, H. B. (2003) **Interface Lógica em Ambiente SIG para Bases de Dados de Sistemas Centralizados de Controle do Tráfego Urbano em Tempo Real**, Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MILLER, H. J. e S. SHAW (2001) **GIS-Based Spatial Analysis and Modeling**. Ins: Oxford University Press (eds) *Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications*, London, UK.
- OLIVEIRA, M. P. G. (1997) **Sistema Espacial de Apoio à Decisão: Modelos para análise do adensamento de atividades econômicas no espaço urbano**. Dissertação de Mestrado, Escola de Governo de Minas Gerais da Fundação João Pinheiro.
- PEREIRA, F. L. CAMPOS V.B.G.(2004), **Uma aplicação de SIG para Análise Espacial da Poluição Atmosférica num Trecho Rodoviário**. Relatório p/Grupo SEAD-T do Fundo Setorial em Transporte,CNPq
- RAIA, A. A. J., (2000) **Acessibilidade e Mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando Redes Neurais Artificiais** , Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ROCHA, M. M. (2004) **Modelagem da Dispersão de Vetores Biológicos com emprego da Estatística Espacial**, Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia-IME, Rio de Janeiro.
- SCHMIDT, A. M., NOBRE, A. A., FERREIRA, G. S. (2003) **Alguns aspectos da modelagem de dados espacialmente referenciados**, Universidade Federal do Rio de Janeiro.