

## APLICAÇÕES DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS EM TRANSPORTES SOB O ENFOQUE DA ANÁLISE ESPACIAL

DANTAS, A. S. (1); TACO, P. W. G. (2); BARTOLI, S. P. (3); YAMASHITA, Y. (4)

### RESUMO

O presente artigo pretende discutir duas aplicações do SIG-T, que se utilizam da Análise Espacial para a resolução de problemas de Transportes. A primeira refere-se a uma das etapas do Planejamento de Transporte Urbano, que é a Geração de Viagens. Nessa aplicação a identificação de padrões de uso e ocupação do solo, através da foto-aérea, permite a determinação do número de viagens geradas por tipo de padrão. O estudo do padrão de atendimento aos usuários do Transporte Coletivo por Ônibus, no que se refere a localização das paradas de embarque e desembarque, é analisado.

### ABSTRACT

This paper intends to discuss two GIS-T applications, which use the Spatial Analysis to solve Transportation Problems. The first one is related with one of the Urban Transportation Planning phases, that is the Trip Generation. Using photointerpretation concepts and GIS, the land use patterns are identified and the number of travels are calculated for each case. The locational accessibility level of Public Transportation service is analyzed in the second application. It is concluded that GIS-T, in a spatial analysis approach, can significantly contribute to develop transportation analysis.

### 1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm se tornado, nos últimos anos, um importante instrumento de auxílio na resolução de problemas de Transportes. Inúmeros estudos utilizam esse tipo de sistema de informação no planejamento, na gestão, na operação e na análise de sistemas de transportes. Entretanto os recursos do SIG em Transportes (SIG-T), na grande maioria das estudos, resumem-se a gerenciar, manipular e visualizar dados. Dessa forma o SIG não cumpre seu papel

- (1) Mestre em Transportes Urbanos - Universidade de Brasília
- (2) Mestre em Transportes Urbanos - Universidade de Brasília
- (3) Mestrando em Transportes Urbanos - Universidade de Brasília
- (4) Professora Doutora, Coordenadora do Mestrado em Transportes Urbanos - Universidade de Brasília - yaeko@guarany.unb.br- Tel. - (061) - 348-2714 - Brasília - DF

fundamental que é gerar novas informações, através de análises espaciais que provém da realidade geográfica transformada para o nível de compreensão computacional.

O uso do SIG-T sob o enfoque da análise espacial, apesar de recente, já demonstra uma perspectiva futura bastante promissora. Nessa abordagem as informações essenciais as atividades no setor de transportes não se resumem aos dados descritivos obtidos de exaustivas pesquisas de campo numéricos, mas principalmente de dados gráficos como imagens de satélite e fotografias aéreas.

Neste artigo pretende-se apresentar e discutir as aplicações do SIG-T, sob o enfoque da análise espacial e compará-las com os estudos tradicionais. Nesse sentido serão descritos trabalhos com esse enfoque. O primeiro refere-se a uma das etapas do Planejamento de Transporte Urbano, que é a Geração de Viagens. Nessa aplicação a identificação de padrões de uso e ocupação do solo, através da foto-aérea, permite a determinação do número de viagens geradas por tipo de padrão. O estudo do padrão de atendimento aos usuários do Transporte Coletivo por Ônibus, no que se refere a localização das paradas de embarque e desembarque, é analisado.

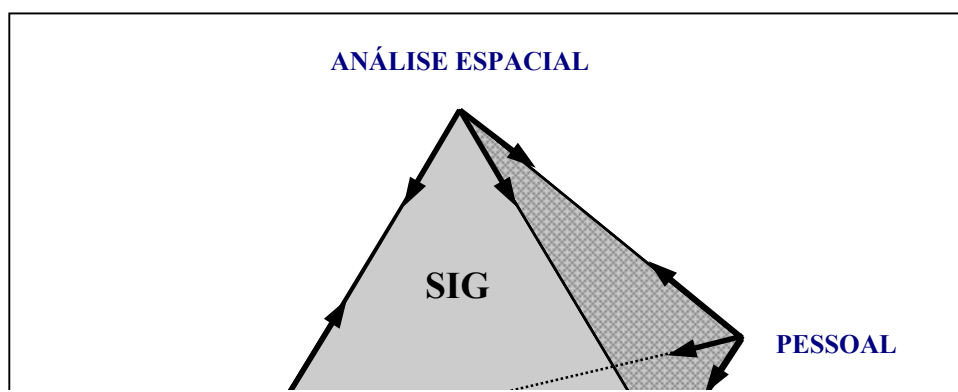
A estrutura para o desenvolvimento desse artigo divide-se em quatro partes, que são: análise conceitual do SIG-T, visando uma maior uniformidade dos termos a serem utilizados e o entendimento da função da Análise Espacial; análise das aplicações do SIG-T, na qual pretende-se ressaltar suas características principais e funções empregadas; aplicações do SIG-T sob o enfoque da Análise Espacial; e finalmente as Conclusões.

## 2 ANÁLISE CONCEITUAL DO SIG-T

O SIG surge na década de 50 e com o desenvolvimento tecnológico consolida-se como ferramenta computacional capaz de representar as realidades geográficas, manipular e armazenar uma grande quantidade de dados e simular cenários diversos [12] [13].

Inicialmente deve-se destacar que o SIG é um tipo de Sistema de Informação, entre outros que o precederam como Sistemas CADs - Computer Aided Design, Sistemas de Cartografia Computadorizada, SGBD - Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados e SSR - Sistema de Sensoriamento Remoto [8]. A estrutura atual de um SIG, por sua vez, depende da atuação coordenada com esses sistemas, que auxiliam na obtenção, manipulação e classificação de dados.

Pode-se dizer que o SIG configura-se como um Sistema de Informação especial, que agrega elementos de Tecnologia (equipamentos e programas), de Banco de Dados (imagens, mapas, dados estatísticos, etc) e de Pessoal (usuários treinados, manutenção e suporte técnico), que se interagem para a manipulação de dados através de procedimentos computacionais. Todavia, [2] [6] a capacidade de processar análises espaciais é o fator diferenciador dos outros sistemas de informação.



## **FIGURA 1 - Elementos de um Sistema de Informação Geográfica**

Fonte - [3]

Neste contexto a Análise Espacial é definida por Goodchild (1988) *apud* [5] como o conjunto de métodos analíticos que requer acesso tanto aos atributos (propriedades) dos objetos sob estudo e suas informações de localização. Essa associação torna-se fundamental para que o SIG processe os dados de forma diferenciada e notadamente eficaz, no sentido de gerar novas informações.

### **3 ANÁLISE DAS APLICAÇÕES DO SIG-T**

As primeiras aplicações do SIG-T nas cidades americanas de Detroit (1955) e Chicago (1956) pretendiam basicamente representar fluxos de tráfego e armazenar dados de forma organizada [4] [7] [12]. A partir da década de 80, o crescimento do setor industrial e comercial do SIG juntamente com a diminuição dos recursos disponíveis para pesquisas provocaram mudanças significativas nos rumos do SIG. Observou-se então um desenvolvimento significativo nas aplicações que passaram a transformar dados numéricos em novas informações, possibilitando previsões de situações futuras [6] [13].

Em estudo recente Dantas *et. al.* (1996) [3], depois de analisar uma série de aplicações do SIG-T, demonstrou que os recursos de visualização, manipulação e operação analítica de dados numéricos estão sendo amplamente explorados e o SIG, na maioria dos casos, é encarado simplesmente como um software. Dessa forma, na maioria dos trabalhos, a descrição de experiências nas quais a utilização do SIG como um gerenciador de Banco de Dados e ferramenta de recursos gráficos avançados. Outra constatação é a incorporação freqüente de modelos matemáticos ao SIG, possibilitando flexibilidade e visualização de cenários alternativos e projeções futuras. O Quadro 1 sintetiza todos os artigos analisados por [3]

### **4 APLICAÇÕES DO SIG-T - ENFOQUE DA ANÁLISE ESPACIAL**

Neste item serão descritas as duas aplicações do SIG - T que se concentram em explorar a análise espacial.

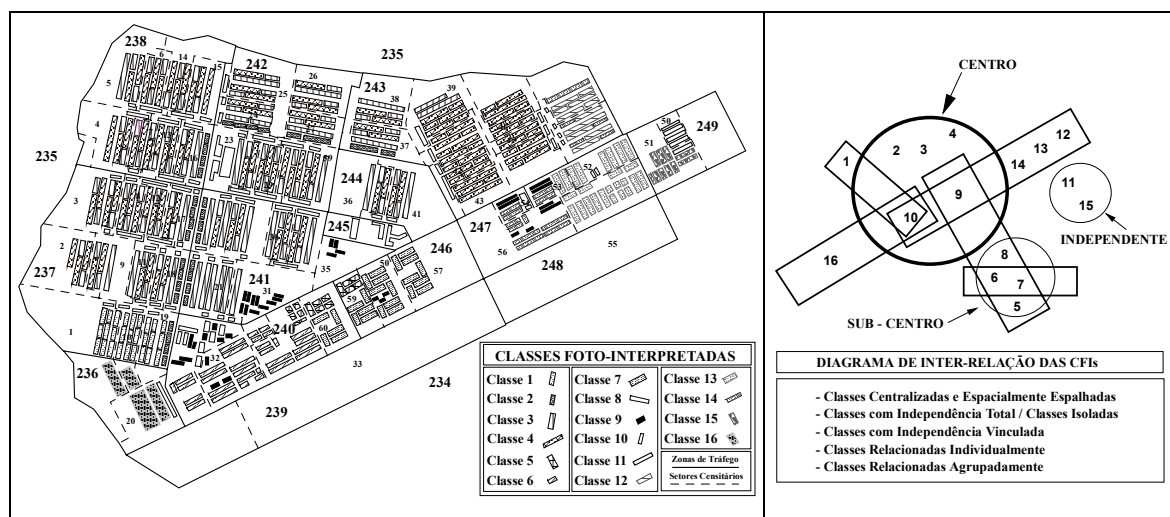
#### **4.1 - Modelo de Geração de Viagens usando o Sensoriamento Remoto e do SIG:**

Nesse trabalho, realizado por Taco *et al.* (1997) [11], foi desenvolvida uma metodologia para a modelagem das viagens geradas de uma determinada área a partir da identificação e caracterização de padrões de uso e ocupação do solo. Diferentemente dos modelos tradicionais de geração de viagens que necessitam de uma extensa variedade de dados socio-econômicos, nesta modelagem utiliza-se como fonte principal a fotografia aérea tratada em um software de SIG.

O processo de modelagem é dividido em cinco etapas que são: identificação e caracterização das Classes Foto-interpretadas (CFI) e Setores Agregados Homogêneos (SAH); definição das variáveis envolvidas; estruturação e

formulação teórico-matemática; e cálculo matemático dos fatores de viagens geradas por área. Após a formulação do modelo processou-se um estudo de caso para cidade de Sobradinho (Brasília-DF), que tem cerca de 93 mil habitantes.

Foram identificados 16 CFI's, conforme mostra a figura 2 a seguir. Para cada uma das CFI's calculou-se um fator de geração de viagens. Obteve-se o maior valor para o padrão de uso do solo residencial tipo prédio (múltiplas residências). Por outro lado a CFI correspondente ao uso do solo tipo comercial gerou o menor valor dentre os fatores calculados.



**Figura 2:** Classes Foto-interpretadas e Diagrama de Inter-relação para Sobradinho

#### 4.2 - Avaliação Locacional de Paradas de ônibus com o uso do SIG:

Os estudos atualmente desenvolvidos sobre esse tema utilizam como fonte de informações somente dados sócio-econômicos e a planta de localização das paradas de ônibus. Para se encontrar o nível de serviço destas, são traçados raios de valores pré-estabelecidos a partir das paradas de ônibus, fechando círculos considerando estes como a abrangência máxima em relação a um determinado nível de serviço. Utilizando esse raciocínio, considera-se que toda a população que se encontra dentro desses círculos são servidas com um determinado nível de serviço. Ou seja, o deslocamento máximo que um usuário do transporte coletivo faz até chegar ao ponto de embarque é o valor do raio deste círculo.

Este foi o principal aspecto de análise deste estudo [1]. A não consideração das barreiras físicas (edificações) e os verdadeiros caminhos feitos pelos usuários (caminhos alternativos), fizeram com que os valores encontrados em determinados casos sejam diferentes da realidade, resultando em análises bastante prejudiciais para os habitantes de uma região.

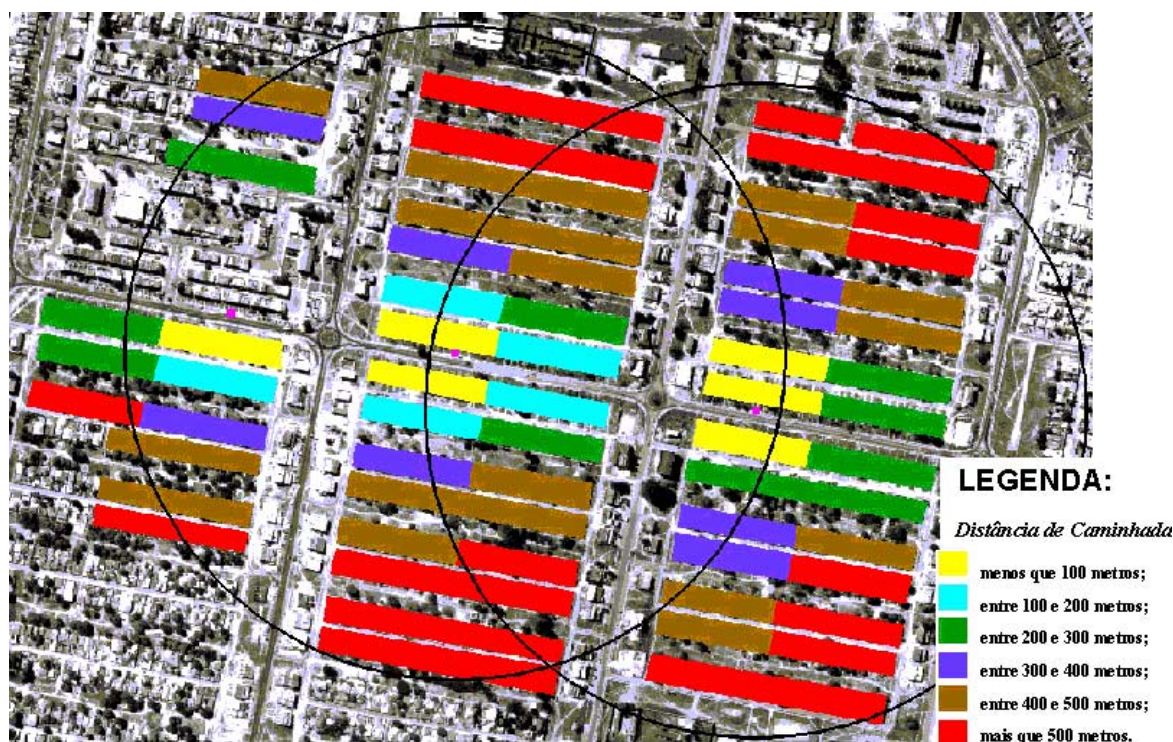
A metodologia consiste em cinco etapas, a partir do georeferenciamento das fotografias aéreas e a consideração de dados sócio-econômicos disponíveis. A primeira etapa consiste em identificar as paradas de ônibus. A seguir processa-se a divisão das quadras residenciais em pequenas células permitindo melhor nível de detalhamento do estudo. A terceira etapa consiste em traçar o caminho mínimo executado pelos usuários entre a parada e cada célula, sendo assim considerados os condicionantes restritivos ao deslocamento. A mensuração desses trajetos é realizada na quarta etapa, juntamente com a criação do banco de dados relacional. Finalmente, na quinta etapa, processa-se a análise dos

resultados através da geração de mapas temáticos com o nível de acessibilidade locacional do usuário.

O estudo de caso foi realizado na cidade satélite de Sobradinho-DF. A primeira, segunda e terceira etapas estão apresentadas na figura 3, a seguir. Com essas etapas realizadas, partiu-se para a alimentação do banco de dados e mensuração das caminhadas, podendo com isso executar a etapa final, de análise dos resultados. Nessa etapa, mostrada na figura 4 pode-se constatar uma forte discrepância entre os resultados obtidos nesse trabalho com os da metodologia empregada pela EBTU. Tal fato deve-se a simplificações da metodologia tradicional, que não considera impedâncias características do deslocamento do usuário, enquanto que na metodologia proposta, devido a utilização de recursos de análise espacial do SIG, os resultados se aproximam mais da realidade.



**Figura 3:** Deslocamentos do usuário da residência até a parada de ônibus



**Figura 4:** Mapa temático com os níveis de acessibilidade para área analisada

## 5 Conclusões:

Neste artigo foi analisado o uso do SIG em transportes, procurando diferenciar e ressaltar aquelas aplicações com uma abordagem sob o enfoque da análise espacial. A partir da constatação de que grande parte dos trabalhos exploram apenas recursos básicos do SIG (manipulação, armazenamento e visualização de dados) pode-se concluir que existe um potencial ainda não explorado. Para [11] ainda não existe o entendimento da natureza revolucionária do SIG, enquanto [9] aponta a deficiência nos modelos SIG para representar a realidade. Pode-se concluir, então, que o grande desafio do estágio atual do SIG-T é a melhor compreensão e reflexão do que realmente seja um SIG para que todo o seu potencial possa ser explorado na resolução de problemas de transportes.

Nesse sentido foram descritas duas aplicações do SIG-T, que em sua concepção básica buscaram aproveitar a capacidade de analisar espacialmente situações comuns na área. Nos dois exemplos, partindo-se de fotografias aéreas, pode-se obter informações essenciais para as análises. O modelo de Geração de Viagens e a metodologia para Avaliação Locacional de paradas de ônibus desenvolvidos a partir das potencialidades do SR e do SIG demonstraram ser capazes de atuar como parte do planejamento de transportes urbanos.

Apesar dos avanços alcançados nesses trabalhos muito ainda existe por se fazer, principalmente em termos de concepção e adequação da tecnologia. Devido ao recente desenvolvimento dessa área os modelos de transportes ainda não foram repensados visando o aproveitamento do potencial do SIG. Por outro lado poucos são os softwares de SIG, capazes de oferecer todos os recursos necessários ao desenvolvimento de novos enfoques. Grande parte deles, principalmente por motivos comerciais, destacam como fundamentais os recursos de visualização e isso tem feito com que as aplicações se resumam a preparação de mapas temáticos, o que pouco acrescenta a área de Transportes além é claro de uma melhor apresentação.

## 6 Bibliografia:

1. Bartoli, S. P., Fortes, J. A. A. e Andrade, N. P. (1996). Sistema de Informação Geográfica como instrumento para avaliação da Acessibilidade Locacional de Parada de ônibus. *Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Brasília, vol. 1, pp. 245-256.
2. Choi, K. (1993) *The Implementation of na Intergrated Transportation Planning Model with GIS and Expert Systems for Interactive Transportation Planning*. Illinois, Estados Unidos (Tese de Doutorado).
3. Dantas, A.S.; Taco P.W.G. e Yamashita Y. (1996) Sistemas de Informação Geográfica em Transportes o Esto do Estado da Arte. *Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Brasília, vol. 1, pp. 211-222.
4. Dickey, J. W. (1975) *Metropolitan Transportation Planning*. Scripta Book Company, Washington , Estados Unidos da América.
5. Gatrell, A.C. (1991) Concepts of Space and Geographical Data. In: Maguire D. J., Goodchild M. F., Rhind, D. W. (eds.) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. vol. 1, pp. 119-134, Inglaterra, Reino Unido.
6. Maguire, D. J. (1991) An Overview and Definition of GIS. MAGUIRE D. J. , GOODCHILD M. F. , RHIND, D. W. (eds), *Geographical Information Systems*, Inglaterra, Reino Unido.
7. Rhind, D.W. ; Coppock, J.T. (1991); The History of GIS; MAGUIRE D. J. , GOODCHILD M. F. , RHIND, D. W. (eds), *Geographical Information Systems*; Inglaterra ; Reino Unido.
8. Souza, N. M. (1994); *Contribuição a Cartografia Geotécnica com o uso do Geoprocessamento : Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica*; USP - São Carlos, São Paulo, Brasil, (Tese de Doutorado).
9. Shaw, S. L (1993); *GIS for Urban Travel Demand Analysis: Requirements and Alternatives, Comput. Environ. and Urban Systems*; v . 17; pp 15-29; Estados Unidos da América.
10. Stokes, R. W.; Marucci, G. (1995) *GIS for transportation: Corrent Practices, Problems and Prospects*, ITE Journal; pp28-37; Março.
11. Taco, P. W.G. (1997) *Modelo de Geração de Viagens com Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica e Sensoreamento Remoto*. Dissertação de Mestrado em Transportes Urbanos, Universidade de Brasília, Brasília DF.
12. Teixeira, A. , Matias, L. , Noal, R. , Moretti, E. ; (1995); A História dos SIGs; in FATOR GIS n. 10 Jul/Ago/Set; Brasil.
13. Teixeira, A. , Matias, L. , Noal, R. , Moretti, E. ; (1995); *Qual a Melhor definição de SIG*; in FATOR GIS n. 11 Out/Nov/Dez; Brasil.

QUADRO 1 - APLICAÇÕES SIG-T

| TRABALHO  | RESUMO  | Manipulação BD | Visualização BD | Op. BD N. gráfico | Op. BD gráfico | Pessoal | Critica | Ano  | País de Origem | Área    | Sub-Área  |
|---|---|----------------|-----------------|-------------------|----------------|---------|---------|------|----------------|---------|-----------|
| Locational Referencing and Highway Segmentation in a Geographic Information System        | Descreve a importância da Referência Locacional para Informações de Rodovias com o Uso SIG                    | +              | +               |                   |                |         |         | 1990 | EUA            | Oper.   | Rodov.    |
| Use of Geographical Information Systems in Transportation Modeling                        | Discute modelos de geração, atração e alocação de viagens com o auxílio do SIG                                | +              | +               | +                 |                |         |         | 1990 | EUA            | Revisão | Modelos   |
| Developing Optimal Transportation Analysis Zones Using GIS                                | Discute a definição de Zonas de Demanda de Viagem com o uso dos SIG's   | +              | +               | +                 |                |         |         | 1991 | EUA            | Plan.   | ZAT       |
| A parking model hierarchy   | Desenvolvimento área, modelos p/ microcomputadores e SIG p/ det. do nível de serviço                          | +              | +               | +                 |                |         |         | 1991 | Aust.          | Oper.   | Trafego   |
| Uso de Sistemas de Informações Geográficas no Planejamento de Transportes                 | Discute a potencialidade do SIG no Planejamento de Transportes  |                |                 |                   |                |         | +       | 1992 | Brasil         | Plan.   | Recursos  |
| Applications of GIS-Transportation Analysis Packages in Super-Regional Transportation     | Discute o uso do SIG-T para análises regionais  | +              | +               | +                 |                |         |         | 1992 | EUA            | Plan.   | Regional  |
| GIS for Urban Travel Demand Analysis: Requirements and Alternatives                       | Análise os requerimentos práticos da integração de aplicações de modelos de Demanda de Viagens urbanas.       |                |                 | +                 | +              |         | +       | 1993 | EUA            | Plan.   | Previsão  |
| Localização de Depósitos numa Rede Logística com o Auxílio de GIS                         | Apresenta método de dimensionamento e focalização de depósitos distribuição determinada região                | +              | +               | +                 |                |         |         | 1993 | Brasil         | Plan.   | Logística |
| Criação de uma BD Georeferenciada para Estudos de Planejamento Regional de Transporte     | Processo de formação de uma BD engloba transporte, mapeamento municípios, informações sócio-econômicas        | +              | +               | +                 |                |         |         | 1993 | Brasil         | Plan.   | Regional  |
| GIS - Based Traffic Analysis Zone Design  | Descreve um método indexado espacialmente de Análise de Zona de Trafego com o uso do SIG.                     | +              | +               | +                 |                |         |         | 1993 | EUA            | Plan.   | ZAT       |
| Geographic Information System Environment for Transportation Management Systems           | O Desenvolvimento de protótipo de uma BD de SIG para o Gerenciamento dos Transportes                          | +              | +               |                   |                |         |         | 1994 | EUA            | Gestão  | Rodov.    |
| Building Transportation Analysis Zones Using Geographic Information Systems               | Um modelo é desenvolvido para agregar Zonas de Análise de Transportes usando a teoria "Fuzzy Set" e o SIG.    | +              | +               | +                 |                |         |         | 1994 | EUA            | Plan.   | ZAT       |
| Parking Simulation Using a Geographical Information System                                | Descreve estrutura para Simulação de Estacionamentos com o SIG para um caso hipotético.                       | +              | +               | +                 |                |         |         | 1994 | Holanda        | Oper.   | Trafego   |
| A Aplicação do Geoprocessamento na roteirização de Veículos                               | Discute uso SIG contexto da roteirização e programação de veículos  | +              | +               | +                 |                |         |         | 1994 | Brasil         | Oper.   | Carga     |
| Uma Visão sobre SIG   | Visão geral SIG tanto do ponto de vista computacional quanto do de engenharia.                                |                |                 |                   |                | +       | +       | 1994 | Brasil         | Revisão | Comput.   |
| Metodologia para o Planejamento da Rede de Transportes Coletivos Urbanos por Ônibus       | Crescimento urbano com o uso da fotointerpretação e análise rotas e frequências para o transp. coletivo       | +              | +               | +                 |                |         |         | 1994 | Brasil         | Plan.   | TCU       |
| Adaptação Gráfica de Base Cartográfica de um Município voltada para os Problemas de       | Geração de imagens gráficas para o cadastro de itinerários das linhas de ônibus urbanos e estaç. operacionais | +              | +               |                   |                |         |         | 1994 | Brasil         | Plan.   | TCU       |
| O Geoprocessamento como Instrumento de Gestão de Transporte Coletivo na EMTU/RE           | Trabalho montagem base cartográfica e digitalização de infor. geográficas.                                    | +              | +               |                   |                |         |         | 1994 | Brasil         | Gestão  | TCU       |
| Plano Multimodal de Transp. para o estado de MG: abordagem sist. inf. de Plan. Transporte | Plano Multimodal de Transportes estabelecido em sistema informatizado de Transportes                          | +              | +               | +                 |                |         |         | 1995 | Brasil         | Plan.   | Regional  |
| Planejamento de Sistemas de Transporte Coletivo   | Apresenta um SIG - SIGTRANS para Planejamento Sistemas de Transportes Coletivos                               | +              | +               | +                 |                |         |         | 1995 | Brasil         | Plan.   | TCU       |
| GIS for Transportation: Current Practices, Problems and Prospects                         | Revisão Aplicações GIS-T, discussão dos obstáculos para implementação e especula futuro da tecnologia         |                |                 |                   |                |         | +       | 1995 | EUA            | Revisão | TCU       |
| GIS Application to the Monitoring of Bus Operations                                       | Descreve estrutura SIG sistemas de ônibus para rotas fixas.   | +              | +               | +                 |                |         |         | 1995 | EUA            | Oper.   | TCU       |
| Aplicação de um SIG no Desenvolvimento de Sistema de Gerência de Vias Não - Pavim.        | Análise viabilidade utilização SIG's no gerenciamento de vias não pavimentadas                                | +              | +               | +                 |                |         |         | 1995 | Brasil         | Gestão  | Rodov.    |
| Avaliação do Desempenho de um Sistema de Transporte Público Urbano com Auxílio de         | Apresenta um SIG aplicado na avaliação no Transporte Público de uma cidade de Porte Pequeno.                  | +              | +               | +                 |                |         |         | 1995 | Brasil         | Plan.   | TCU       |
| Aproximações em Redes Logísticas com o Auxílio de SIG                                     | Apresenta métodos para obtenção de aproximações métricas de redes logísticas                                  | +              | +               | +                 |                |         |         | 1995 | Brasil         | Plan.   | Logística |
| Utilizando um Sistema de Informação Geográfica para Estimar Viagens em uma Cidade         | Projeto obtenção taxas geração viagens usuários diferentes níveis renda cidade Porte Médio                    | +              | +               | +                 |                |         |         | 1995 | Brasil         | Plan.   | Previsão  |

Fonte - [3]