

# **Análise temporal do consumo de espaço urbano derivado de transporte metroviário e sua relação com padrões de deslocamento por meio de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas**

Marise Santos Maranhão Takano <sup>1</sup>  
Alexandre Henrique Silva <sup>1</sup>  
Pastor Willy Gonzales Taco <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília - UnB  
Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT  
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Bloco SG-12 – CEP 70919-970 – Brasília/DF  
{marisesantasm, alexandrehe, pwgtaco}@gmail.com

**Abstract.** The aim of this work is to identify the urban sprawl evolution and if it's derived from Metro's implantation and its relationship with its user's trip patterns. The evolution of the urban area around the DF Metro's line in the region was identified by means of multitemporal analysis before and after its operation in the administrative region of Samambaia, Distrito Federal, utilizing satellite imagery from satellites TM/LANDSAT 5 (1997) and CCD/CBERS-2B (2007) of the urban region of study and mobility patterns acquired by Metro's research data from year of 2007. The results appointed an urban sprawl around the Metro's axis in a preliminary analysis, what allowed the identification of vectors from an urban space consumption period. The association of the urban sprawl and the trip patterns near the study area proved a tendency of urban growth. It was possible to determine who tendency vectors will follows the trip patterns in what means the sprawl of an urban area.

**Palavras-chave:** remote sensing, geographic information system, transport system, urban land-use, sensoriamento remoto, sistema de informações geográficas, sistema de transporte, uso e ocupação urbana

## **1. Introdução**

Diversos fatores influenciam o comportamento individual relacionado a viagens urbanas os quais podem ser separados em três grupos de variáveis: aqueles relacionados às características inerentes ao indivíduo, os relativos ao sistema de transporte ofertado e os ligados ao meio urbano. Dentre os fatores do primeiro grupo destacam-se as características socioeconômicas do indivíduo, tais como: renda, sexo, faixa etária, posse de automóveis, papel do indivíduo no domicílio e alocação de tarefas. No segundo grupo têm-se características tais como: a distribuição da rede de infra-estrutura viária, a cobertura espacial da rede, a acessibilidade, dentre outros (Pitombo, 2008). Para os fatores do meio urbano têm-se o uso do solo, densidades urbanas e a forma das cidades cujo crescimento ocasionando por maior ou menor dispersão de atividades espacialmente distribuídas, impactando posteriormente na ocupação do solo, que influenciarem fortemente a tomada de decisão de viagens individuais.

As relações entre essas variáveis e os padrões de deslocamento individuais vêm sendo estudados ao longo dos anos dentro de uma abordagem comportamental a qual parte do entendimento da viagem como uma demanda derivada da participação dos indivíduos em atividades dispersas espacialmente no meio urbano. (McNally, 2000; Arruda, 2005; Pitombo, 2008, Bowman e Ben-Akiva, 1997; Silva, 2008.)

No Brasil, os fatores do meio urbano associados aos sistemas de transporte vem sendo enfatizados pelo Ministério das Cidades que tem buscado inserir o planejamento integrado nas cidades como forma a prevenir e solucionar o problema do crescimento urbano desordenado. Nesse processo o transporte tem papel fundamental, pois atua como instrumento relevante e eficaz na reestruturação urbana capaz de gerar vetores de expansão controlada ou direcionada. (Lopes *et al*, 2008). Dentro desse contexto observam-se esforços na compreensão dos padrões de deslocamento, todavia de maneira dissociada do consumo de espaço urbano e sua

evolução. Com o advento das geotecnologias, associadas aos aspectos comportamentais ligados à mobilidade, novas aplicações vem sendo realizadas (Silva, 2008, Silva *et al*, 2007, Beltrame e Quintanilha, 2008; Machado e Quintanilha, 2008). Assim, o presente trabalho dá continuidade ao entendimento das relações entre a ocupação urbana e o transporte metroviário os quais condicionam determinados padrões de deslocamento da população.

A partir do presente entendimento, o objetivo desse artigo é identificar o crescimento de manchas urbanas derivadas da implantação de transporte metroviário e sua relação com os padrões de deslocamentos dos seus usuários. Para tal foram estruturados 3 tópicos seguidos deste primeiro, e divididos da seguinte forma: o item 2 discorre a cerca das relações teóricas entre o transporte e o planejamento urbano, em seguida, no item 3 apresenta-se os procedimentos utilizados para a obtenção dos objetivos dessa pesquisa, e, por fim, os resultados são apresentados no item 4 com a aplicação no estudo de caso, concluindo no item 5.

## 2. A relação entre transporte e o uso e ocupação do solo

No entendimento do transporte como uma atividade complementar às demais atividades econômicas e sociais de uma região, porém de presença constante no cotidiano das pessoas que deslocam motivadas por trabalho, saúde, estudos, compras ou lazer (Bittencourt e Brizon, 2006), têm-se claramente a percepção de que a eficiência de um sistema de transporte depende exclusivamente da integração entre os diversos tipos de planejamento tais como o social e o urbano. Nesse caso, sendo o mais importante, o planejamento urbano que define o zoneamento e o uso do solo. Nesses termos, tem-se que a atratividade de uma região é tanto melhor quanto maior for seu acesso às demais e este é papel fundamental do transporte dentro desta visão.

Para Greiving e Wegener (2001), a interação entre o uso e ocupação do solo e o sistema de transporte dá-se de forma cíclica (Figura 1). A distribuição do uso do solo tais como zonas residenciais, industriais ou comercial, sobre o espaço urbano determina a localização das atividades humanas tais como: moradia, trabalho, compras, educação ou lazer. Por conseguinte, a distribuição de atividades humanas no espaço requer a realização de viagens por um sistema de transporte de modo a transpor as distâncias (espaciais e temporais) existentes. A distribuição da infra-estrutura de transporte, por sua vez cria, e até melhora, as oportunidades de interações especiais dando-lhes acessibilidade. O espaço acessível torna-se mais atrativo influenciando nas decisões de localização, ou seja, impondo mudanças no uso do solo.

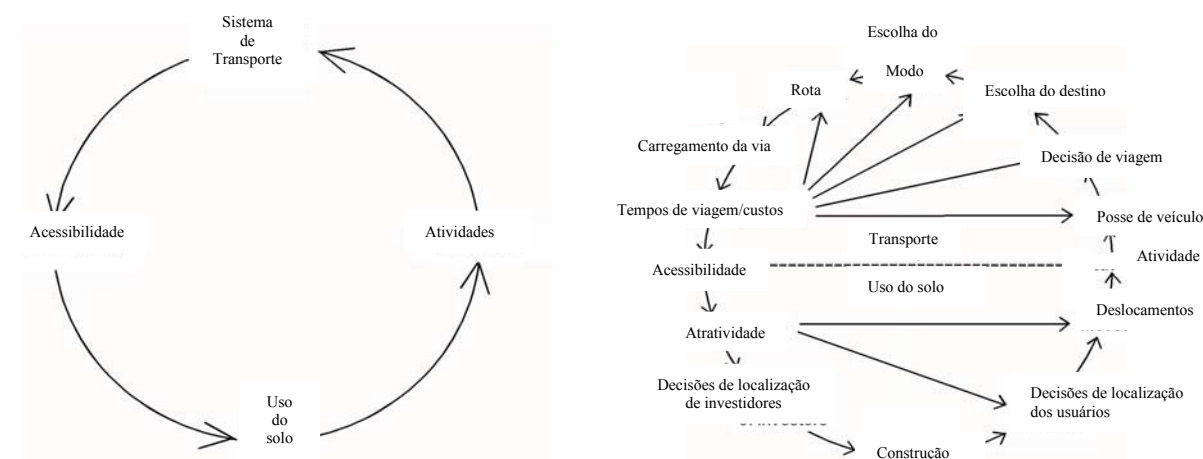


Figura 1: Interações entre uso do solo e transporte. Adaptado de Greiving e Wegener (2001)

Reconhece-se, assim que a oferta de um meio de transporte em áreas urbanas é um indutor desse processo de urbanização contribuindo para a sua expansão. Porém, os fatores socioeconômicos da população, e mais especificamente de cada indivíduo que utiliza o transporte, influenciam na tomada de decisão de qual atividade e onde ela será realizada.

Conforme Greiving e Wegener (2001) afirmam, os aumentos de renda da população seguidos da redução nos custos de interações espaciais tornam as atividades espacialmente mais dispersas gerando um maior consumo de espaço. Por sua vez, isso aumenta o número de viagens realizadas ou as torna mais longas. Para Gualda (1994) *apud* Machado e Quintanilha (2008) a redução da necessidade de viagens é possível mediante um modelo integrado de uso do solo e transportes para um maior equilíbrio e racionalidade na distribuição do espaço urbano. Portanto, uma melhor integração entre o planejamento de transportes e o uso e ocupação do solo produz menor necessidade de viagens e um melhor aproveitamento do espaço urbano.

### 3. Procedimentos

O estudo compreende as seguintes etapas: (i) Aquisição e processamento digital de imagens por Sensoriamento Remoto; (ii) Aquisição de bases geográficas e dados referentes à padrões de deslocamento dos usuários do Metrô DF analisados em ambiente SIG; e (iii) Análise multitemporal dos resultados por meio da integração entre as duas ferramentas. (Figura 2)

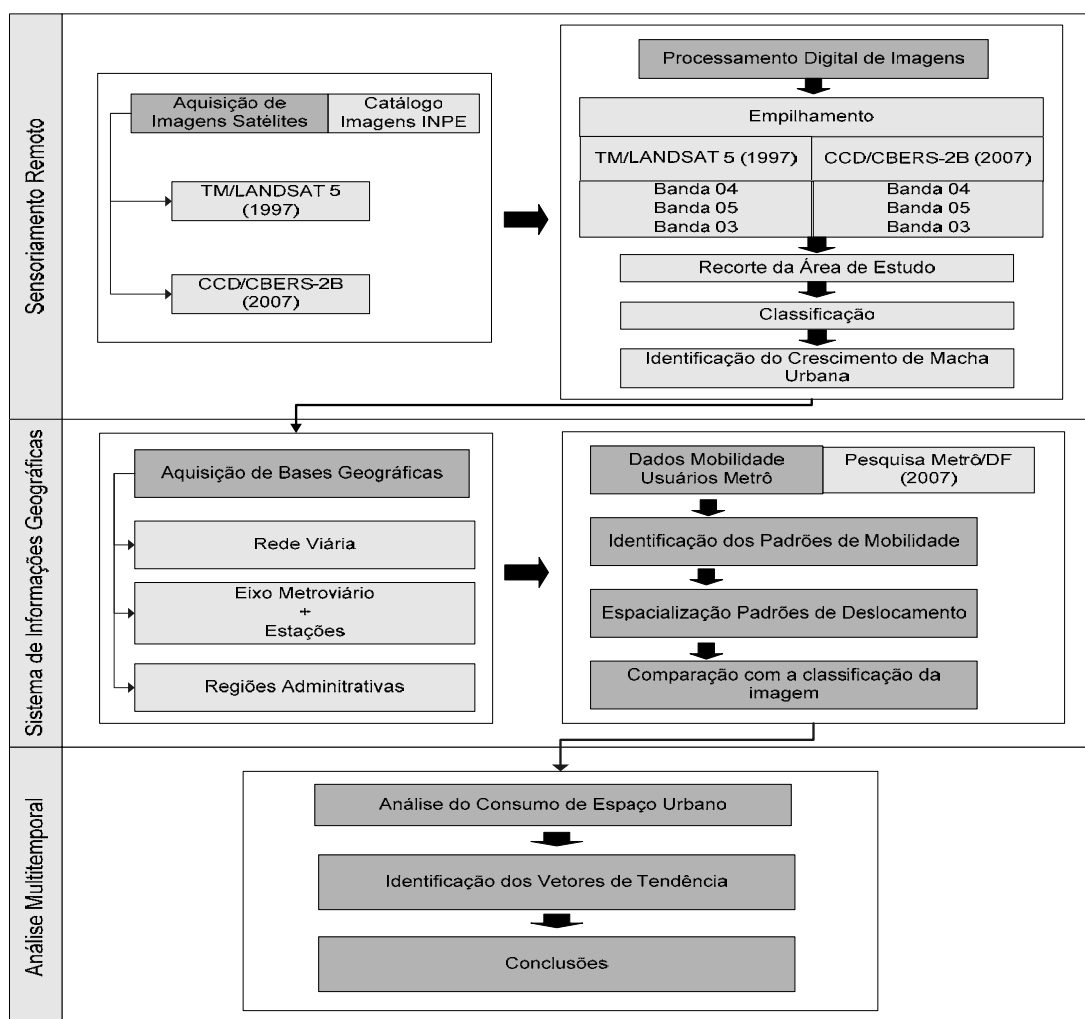


Figura 2: Metodologia de Estudo

## 4. Estudo de Caso

A operação do Metrô-DF teve início em 2001, com a inauguração do trecho que liga Samambaia a Taguatinga, Águas Claras, Guarã e Plano Piloto (Metrô-DF, 2008). O caso em estudo concentra-se numa área urbana adjacente à linha do Metrô na Região Administrativa de Samambaia-DF. Nessa região o trecho metroviário se estende por cerca de 3,2 km (Figura 3) sendo atendida pelas estações Furnas (FUR), Samambaia Sul (SAS) e Terminal Samambaia (SAM).

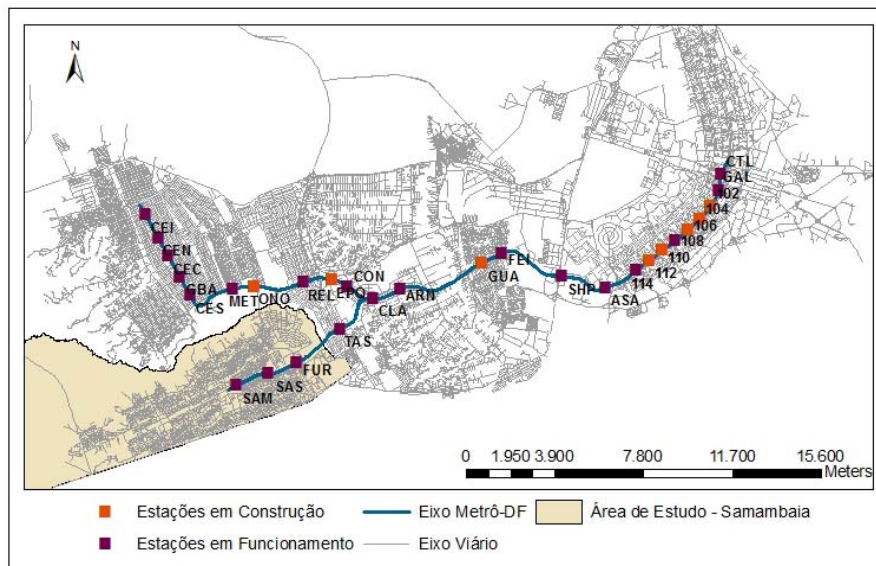


Figura 3: Área de estudo correspondente à situação atual (CODEPLAN, 2007)

### 4.1. Obtenção das imagens satélite

As imagens TM/Landsat 5 e CCD/CBERS-2B referentes à área do Distrito Federal foram adquiridas no catálogo de imagens do INPE ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)) para os períodos de análise de 1997 e 2007 respectivamente.

### 4.2. Processamento digital de imagens

O processamento digital de imagens deu-se por meio do *software* ENVI4.4 conforme os passos descritos a seguir:

#### a) Empilhamento

O empilhamento refere-se à composição colorida das bandas das imagens. Para a imagem obtida do satélite TM/ LANDSAT 5, para o período referente à 1997, realizou-se a composição colorida R4 G5 B3 e para a imagem obtida do satélite CCD/CBERS-2B de 2007 a composição das bandas foi R4 G2 B3 que foi a que mais se aproximou do empilhamento realizado para a primeira imagem.

#### c) Recorte da área de estudo

Como as imagens obtidas abrangiam todo o território do DF, realizou-se um recorte das imagens para cobrirem somente a área de estudo que compreende este trabalho, ou seja, a região de Samambaia.

#### e) Classificação das Imagens

Para a classificação das imagens foi adotado o algoritmo da Máxima Verossimilhança (MAXVER), que é um classificador do tipo supervisionado por pixel, onde amostras previamente selecionadas são utilizadas para o treinamento do classificador. Essa classificação considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis de cinza das classes (Leão *et al*, 2007). Para o mapeamento temático do estudo em questão, duas classes foram definidas: Urbano e Não Urbano. Consideraram-se áreas urbanas como as áreas que compreendem maior densidade populacional, incluindo núcleos urbanos. As demais áreas foram classificadas como não urbanas. A Figura 4 apresenta os produtos finais do processamento digital de imagens.

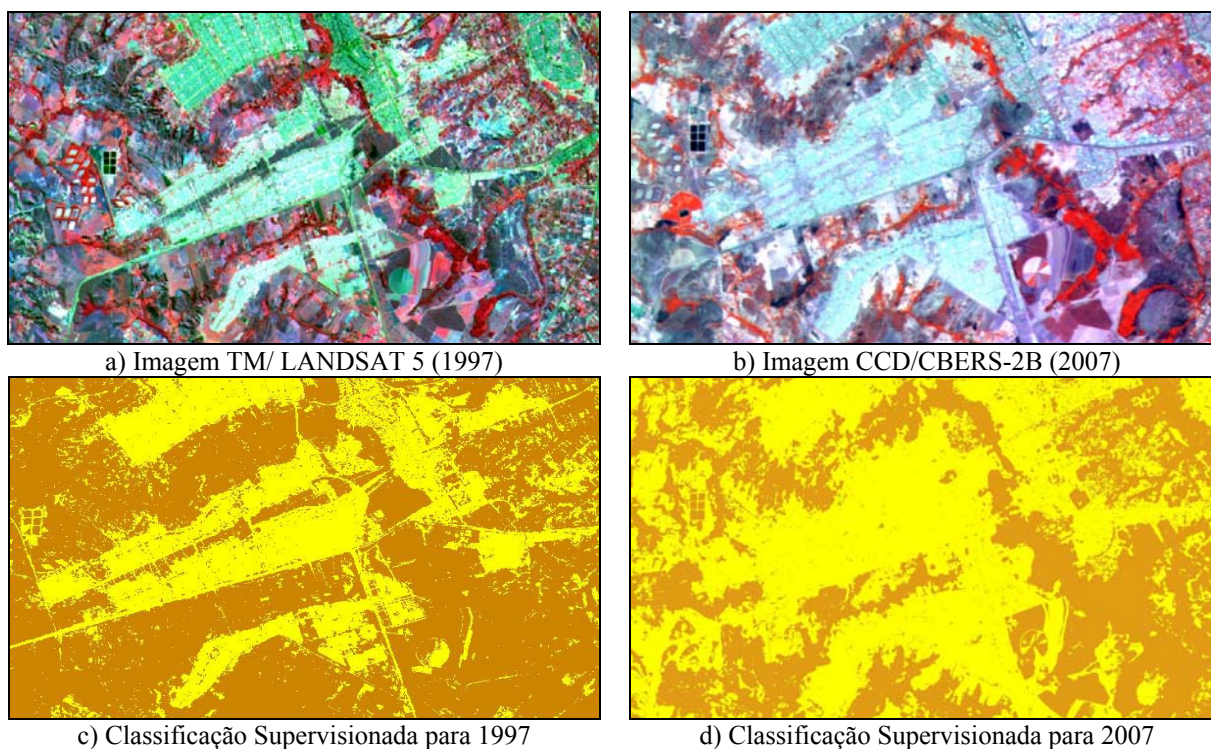


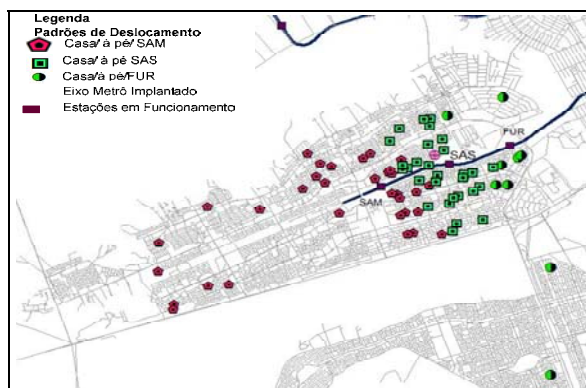
Figura 4: Processamento Digital de Imagens: empilhamento, recorte e classificação da região de Samambaia - DF

#### 4.3. Análise dos padrões de deslocamentos a pé dos usuários do Metrô em ambiente SIG

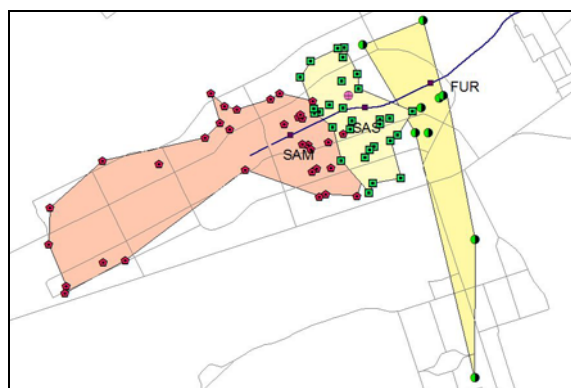
Os dados vetoriais dos padrões de deslocamentos dos usuários do Metrô foram realizados nessa etapa. Esses dados referem-se à espacialização dos padrões de deslocamento dos usuários do Metrô em junho de 2007 coletados por Silva (2008) nas estações do Metrô-DF que determinou áreas de captação para estações metroviárias mediante a espacialização da forma de deslocamento desse tipo de usuário. Os demais dados vetoriais, a rede viária do DF, eixo metroviário, estações e regiões administrativas foram obtidos junto ao Siturb-DF (Codeplan, 2007). A entrada dos dados vetoriais conjuntamente à imagem classificada em ambiente SIG teve o intuito de identificar alguma associação entre a forma de espacialização dos padrões de deslocamento dos usuários do Metrô e a tendência de consumo do espaço urbano, de forma a verificar a influência do modo metroviário. Para tal, é necessária uma comparação antes e após a implantação do Metrô na região em análise por meio de técnica multitemporal.

#### 4.4. Análise Multitemporal

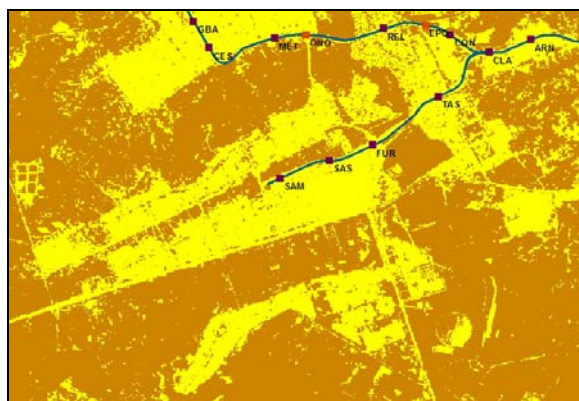
Com base na metodologia desenvolvida por Silva (2008), foram configuradas as áreas de captação das estações da área em análise (FUR, SAS, SAM), conforme Figura 5 (a) e (b). A partir do procedido nos itens anteriores foram obtidas as manchas urbanas para os períodos de 1997 e 2007.



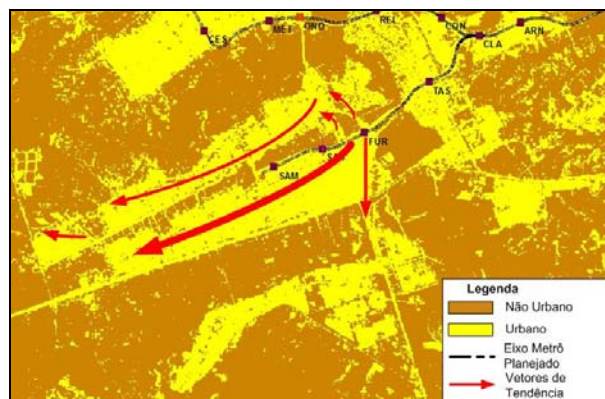
a) Padrões de Deslocamento Usuários Metrô modo à pé – Samambaia-DF (2007)



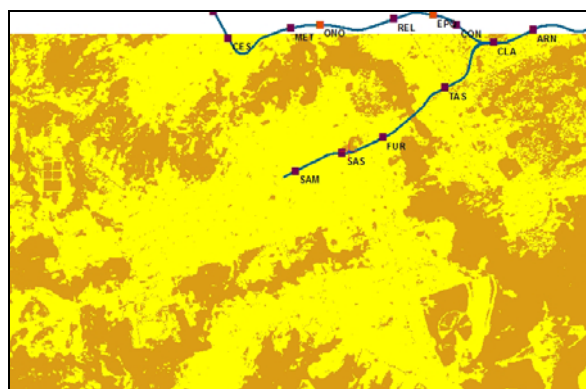
b) Polígonos relativos à área de captação das estações (2007)



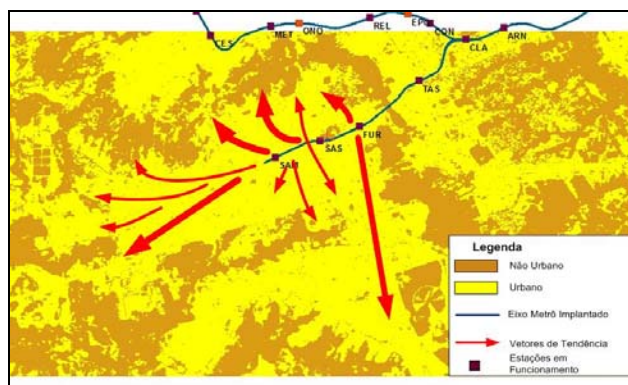
c) Mancha Urbana Samambaia antes da implantação do Metrô (1997)



d) Vetores de tendência de consumo de espaço urbano em 1997 – Samambaia



e) Mancha Urbana Samambaia após implantação do Metrô (2007)



f) Vetores de tendência de consumo de espaço urbano em 2007 – Samambaia

Figura 5: Análise Multitemporal, padrões de deslocamento e consumo de espaço urbano nas adjacências do Metrô em Samambaia-DF.

Observa-se para o período anterior ao Metrô (Figura 5c), a existência de uma separação entre os espaços urbanos delimitada pelo local de implantação futura do eixo metroviário. Nota-se também que existia uma configuração uniforme na ocupação geral de toda a área e um espalhamento urbano paralelo e no sentido sudeste de implantação do Metrô. Ao se comparar essa configuração com os padrões de deslocamento, percebe-se certa correspondência no tipo de espalhamento o que indica prováveis vetores de tendência resultantes do consumo de espaço urbano pelos usuários do Metrô (Figura 5d).

Já na Figura 5 (e), que corresponde ao período de efetiva implantação do Metrô, observa-se uma dispersão na ocupação da área, ou seja, isto não ocorre mais de forma homogênea, embora as áreas próximas ao eixo do Metrô tenham sido totalmente consolidadas. Nota-se que o sentido de espalhamento se manteve, porém com maior penetração no sentido transversal ao eixo do Metrô. Tal tendência confirma-se com a delimitação das áreas de captação de cada uma das estações obtidas a partir dos padrões de deslocamentos (Figura 5b).

De ambas as configurações (Figura 5b e 5e) obtiveram-se os vetores de tendência para esse período. Além disso, no sentido sudeste, existe um consumo de espaço urbano mostrado pelos vetores de tendência que não está sendo atendido diretamente pelo Metrô. Tal fato gera um aumento de necessidade por deslocamento com maior consumo de espaço e tempo pelos indivíduos contrastando a falta de integração entre o planejamento do solo no local e o planejamento de transporte. Os vetores que seguem a classificação do espalhamento urbano permitem visualizar uma forte tendência à conurbação, o qual torna imprescindíveis alternativas de integração de transporte que tornem mais igualitário o consumo de espaço urbano.

## **5. Considerações Finais**

Através da integração entre as ferramentas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas foi possível a elaboração de cenas multitemporais da região estudada e a comparação do consumo de espaço urbano nos períodos antes e após a consolidação do Metrô na região de Samambaia-DF.

Embora as análises tenham sido feitas somente nessa região, o procedimento utilizado e os dados dos padrões de deslocamento podem ser aplicados para as demais regiões, o que torna o estudo um instrumento adequado para o planejamento integrado do transporte e do uso do solo, pois gera informações que permitem ao tomador de decisão desenvolver políticas de acessibilidade e mobilidade. Assim, no atual contexto do DF, em que se discute a implementação do projeto Brasília integrada, o subsídio do estudo com informações a respeito do consumo do espaço, pode orientar a um adequado ordenamento urbano.

Apesar do pouco tempo transcorrido entre o início da operação do Metrô e sua efetiva implantação as mudanças observadas são significativas mostrando em alguns casos a tendência à saturação do sistema, o que já ocorre como mostra os vetores de tendência especificamente na estação terminal de Samambaia (SAM).

Além dos resultados obtidos pelas análises temporais no processamento digital da imagem de satélite, a utilização dos padrões de deslocamento acrescentou com informações sobre os usuários confirmando a configuração da expansão urbana.

## Referências

- Arruda, F. S. (2005). Aplicação de um modelo baseado em atividades para análise da relação uso do solo e transportes no contexto brasileiro. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 145p.
- Beltrame, A. M. K.; Quintanilha, J. A. (2008). Mapeamento da cobertura do solo na faixa de domínio de trem metropolitano: linha F em São Paulo. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, 2008, Fortaleza: ANPET, 2008, p. 187-198.
- Bowman, J. L.; Ben-Akiva, M. E. (1997). Activity based travel forecasting, **Activity-Based Travel Forecasting Conference, June 2-5, 1996: Summary, Recommendations and Compendium of Papers**, New Orleans, Louisiana.
- Companhia de Planejamento do Distrito Federal (2007). Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br>. Acesso em outubro de 2008
- ENVI4.4, Disponível em: <http://www.envi.com.br/downloads>. Acesso em outubro de 2008
- Greiving, S.; Wegener, M. (2001). **Integration of transport and land-use planning: State of the art**. Department of Spatial Planning, University of Dortmund. Topic Area F1, Paper 6102.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (INPE). Disponível em<<http://www.inpe.br>>. Acesso em novembro de 2008.
- Leão, C.; Krug, L. A.; Kampel, M.; Fonseca, L. M. G. (2007) Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, Florianópolis: INPE, 2007, p. 939-946.
- Lopes, S. B.; Silva, A. N. R.; Pfaffenbichler, P. (2008). Planejamento da mobilidade sustentável com base em um modelo dinâmico de uso solo e transportes. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Fortaleza: ANPET, 2008, p. 2165-2168.
- Machado, C. A. S.; Quintanilha, J. A. (2008) Construção da base de dados para a determinação do índice de acessibilidade do município de Osasco/SP através do uso de imagens de alta resolução espacial e SIG – uma proposta metodológica. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Fortaleza: ANPET, 2008, p. 751-762.
- McNally, M.G. (2000). The Activity-Based Approach. **Institute of Transportation Studies and Department of Civil Engineering**. University of California, Irvine; Irvine, CA, U.S.A
- Metrô-DF, (2008). Disponível em: <http://www.metro.df.gov.br>>. Acesso em novembro de 2008.
- Pitombo, C. S. (2008). Estudo do comportamento relacionado a viagens de trabalhadores com auxílio de análise em componentes principais. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Fortaleza: ANPET, 2008, p. 1307-1318.
- Silva, A. H.; Junior M. L., Lopes, E. P.; Taco, P. W. G. (2007) **Spatial analysis of urban sprawl along federal highways under concession using remote sensing**, CUPUM, 2007.
- Silva, A. H. (2008). Determinação da área de captação de uma estação de Metrô por meio da utilização do modelo prisma espaço-tempo e padrões de viagens. Dissertação de mestrado, Publicação **T.DM-003A/2008**, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 126p.