

1. Publicação nº <i>INPE-3063-PRE/480</i>	2. Versão	3. Data <i>Abril, 1984</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DIN/DEP</i>	Programa <i>URBES</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>SENSORIAMENTO REMOTO CRESCIMENTO URBANO REGISTRO DE IMAGENS</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:711.4</i>			
8. Título <i>INPE-3063-PRE/480</i>  <i>APLICAÇÕES DE DADOS DOS SATÉLITES LANDSAT NO ESTUDO DA EVOLUÇÃO URBANA DE BRASÍLIA</i>		10. Páginas: <i>15</i>	11. Última página: <i>14</i>
9. Autoria <i>Maria de Lourdes Neves de Oliveira Celina Foresti Madalena Niero Elza Maria de Moraes Franco Parreiras</i>		12. Revisada por   <i>Armando P. dos Santos</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por   <i>Nelson de Jesus Parada Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas  <p><i>Neste trabalho é analisada a expansão urbana de Brasília nos últimos dez anos, com ênfase na utilização de dados orbitais de sensoriamento remoto e tratamento automático de imagens. A estrutura espacial urbana e o monitoramento de suas alterações através do tempo foi vista de modo globalizante e dinâmico com a utilização de imagens MSS LANDSAT de junho de 1973, 1978 e 1983. Para a interpretação dos dados foi utilizado o Programa Registro de Imagens, disponível para o Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais (IMAGE-100), que permite a superposição de cenas em diferentes datas. O uso de filtros adequados, combinado à superposição das cenas, possibilitou a identificação das áreas prováveis de crescimento urbano e o direcionamento da verificação de campo. Os resultados obtidos permitiram uma avaliação do desenvolvimento urbano de Brasília tomando como referência a proposta estabelecida no Plano Piloto.</i></p>			
15. Observações <i>Trabalho a ser apresentado no I Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente. (período de 02 a 06/julho/84.</i>			

APLICAÇÕES DE DADOS DOS SATÉLITES LANDSAT NO ESTUDO DA EVOLUÇÃO URBANA DE BRASÍLIA

\*MARIA DE LOURDES NEVES DE OLIVEIRA

\*CELINA FORESTI

\*MADALENA NIERO

\*\*ELZA MARIA DE MORAIS FRANCO PARREIRAS

\*CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq

\*INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS, S.J. CAMPOS - SP

\*\*COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO PLANALTO CENTRAL, BRASÍLIA - DF

ABSTRACT

In this work, the urban growth of Brasília within the last ten years is analysed with special emphasis on the utilization of remote sensing orbital data and automatic image processing. The urban spatial structure and the monitoring of its temporal changes were focused in a whole and dynamic way by the utilization of MSS-LANDSAT images for June (1973, 1978 and 1983). In order to aid data interpretation, a registration algorithm implemented at the Interactive Multispectral Image Analysis System (IMAGE-100) was utilized aiming at the overlap of multitemporal images. The utilization of suitable digital filters, combined with the images overlap, allowed a rapid identification of areas of possible urban growth and oriented the field work. The results obtained in this work permitted an evaluation of the urban growth of Brasília, taking as reference the proposal stated for the construction of the city in the Pilot Plan elaborated by Lúcio Costa.

1 - INTRODUÇÃO

Neste trabalho é analisada a expansão urbana de Brasília nos últimos dez anos através, principalmente, do uso de dados orbitais de sensoriamento remoto e tratamento automático de imagens.

Uma das informações relevantes ao processo de planejamento urbano é aquela relativa à dinâmica do crescimento das cidades. Este tipo de informação permite analisar as tendências do seu crescimento, consideradas nas suas dimensões espaciais e temporais, e é útil para a tomada de decisões relativas à reorganização da estrutura urbana.

Em substituição aos métodos convencionais, os dados dos satélites LANDSAT têm permitido que o monitoramento do crescimento urbano seja feito de modo globalizante e dinâmico, tendo em vista seu aspecto sinótico e a periodicidade com que são coletados. Para o monitoramento do crescimento urbano têm sido usadas técnicas de classificação automática de dados e comparação de imagens em diferentes datas. Entretanto, essas técnicas apresentam certas limitações se são considerados os erros de classificação em cada cena analisada e a acumulação desses erros por ocasião da comparação das cenas (Howard and Boasson, 1983).

Neste trabalho em que é realizado o estudo da evolução urbana de Brasília no período de 1973 a 1983, utilizou-se a técnica de registro de imagens disponível para o Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais (IMAGE-100) a qual permite a superposição de cenas em diferentes datas e que combinada ao uso de filtros adequados possibilita a identificação e localização das áreas de crescimento urbano. A interpretação dos dados foi complementada com a utilização de fotografias aéreas, realização de trabalho de campo e consulta à bibliografia disponível.

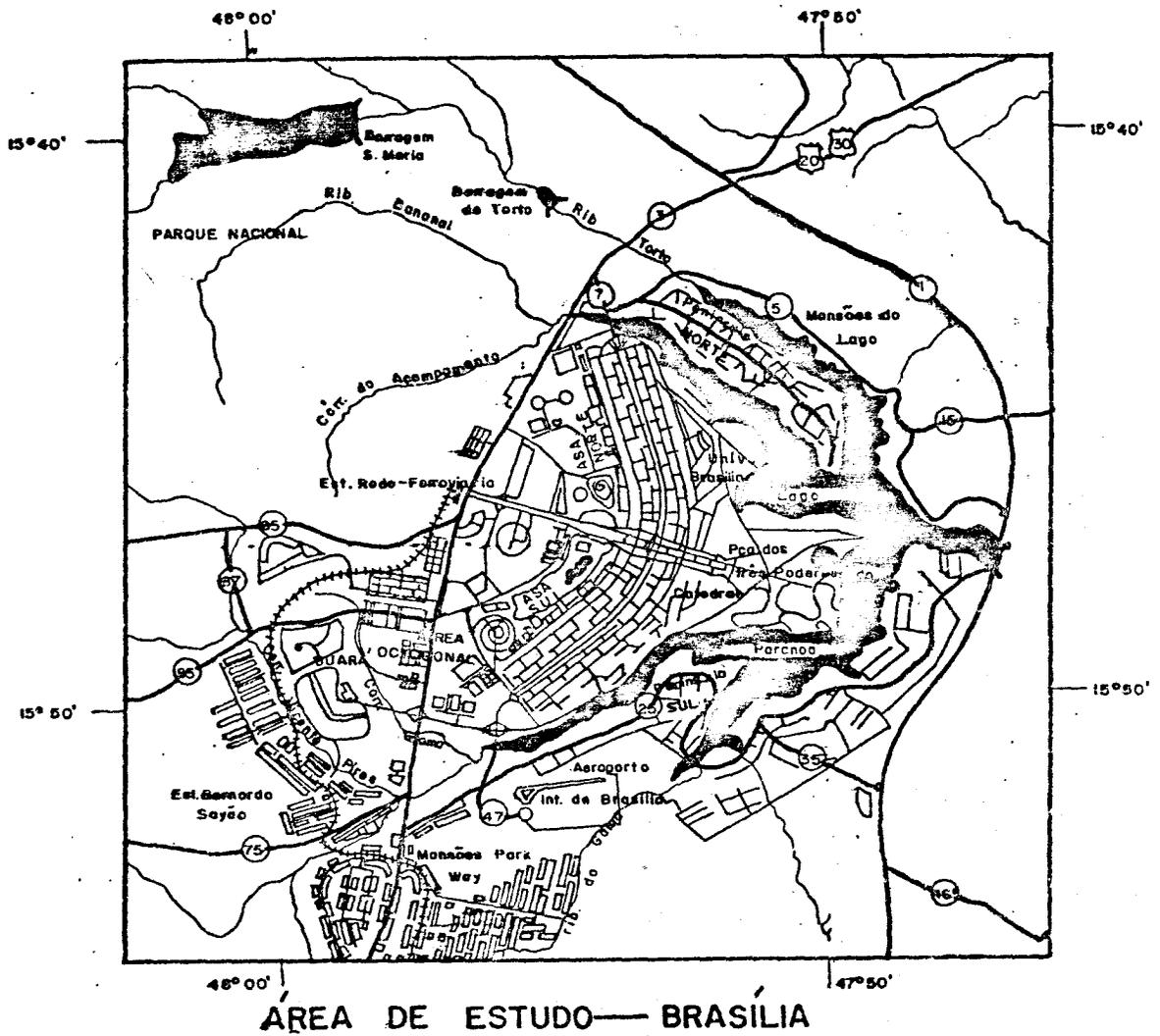
Em função do objetivo deste estudo e da escala de trabalho desejada ficou delimitada a área de interesse (Figura 1), que corresponde basicamente à área do Plano Piloto de Brasília, sede atual do Distrito Federal.

Esta área com aproximadamente 800 km<sup>2</sup> contém o Plano Piloto e seu entorno, notadamente grande parte da Bacia do Paranoá. Apresenta um relevo suavemente ondulado, característico do Planalto Central do Brasil.

A proposição deste estudo é a avaliação do crescimento urbano de Brasília. Para tanto considerou-se como referência a proposta elaborada por Lúcio Costa em 1957 (Costa, 1970a).

Caracteristicamente a proposta urbana contida no projeto de Lúcio Costa expressa uma abordagem de planejamento voltada para o "Desenho Urbano", ou seja, que identifica o projeto urbano à idéia, à concepção, ao desenho urbano, enaltecendo-se a criação do profissional arquiteto.

A área de estudo delimitada apresenta, já na imagem de 1973, áreas urbanas que extrapolam a região do Plano Piloto idealizado por Lúcio Costa, sendo elas: parte de Taguatinga, Guarã, Núcleo Bandeirantes, Setor de Mansões Suburbanas Parkway e Cruzeiro Velho.



**- LEGENDA -**

- CURSO D'ÁGUA
  - BARRAGEM
  - LAGO E LAGOA
  - FERROVIAS
  - RODOVIAS PAVIMENTADAS
- Federal  
Estadual

**ESCALA**

5 Km

Fig. 1 - Área de interesse.

FONTE: Mapa rodoviário do D.F., 1982 - CODEPLAN.

## 2 - METODOLOGIA

Com vistas no alcance do objetivo estabelecido para este trabalho e em função da disponibilidade de dados MSS/LANDSAT foi possível a utilização de fitas CCTs dos anos de 1973, 1978 e 1983 da área de estudo, as quais foram analisadas no IMAGE-100 da General Electric.

As três imagens selecionadas correspondem ao período seco na região; o intervalo de 5 anos entre as datas foi considerado adequado devido à natureza do estudo: identificação do crescimento urbano.

O trabalho foi desenvolvido na escala aproximada de 1:100.000, aconselhável para estudos de expansão urbana, considerando-se a resolução atual do sistema MSS/LANDSAT.

Para a realização deste trabalho estruturou-se uma metodologia constituída basicamente dos seguintes passos:

- a) ampliação da área de interesse na escala de 1:100.000, canal 5, no IMAGE-100, para as 3 diferentes datas, e obtenção do produto fotográfico;
- b) superposição automática de pares de imagens das diferentes datas no IMAGE-100, associada ao uso de filtros digitais, e obtenção de produtos fotográficos para análise visual;
- c) identificação das áreas em que ocorreram alterações e de provável crescimento urbano, através da análise visual das cores nos produtos fotográficos obtidos anteriormente;
- d) elaboração de mapas preliminares das áreas de provável crescimento urbano;
- e) consulta a mosaicos fotográficos em pontos direcionados pela análise dos mapas preliminares;
- f) checagem de campo em pontos que necessitaram de verdade terrestre por insuficiência de informação dos mosaicos fotográficos.

O ponto central dessa metodologia é a utilização do Programa Registro de Imagens, desenvolvido no Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais do INPE/CNPq, e o uso adequado de filtros digitais.

Através do programa de registro automático de imagens realiza-se a superposição de imagens em diferentes datas no IMAGE-100, com as transformações geométricas necessárias, de tal modo que os elementos de imagens ("pixels") correspondentes coincidam.

O uso de filtros adequados, combinado à técnica de registro de imagens, possibilitou a obtenção de composições coloridas, nas quais as áreas alteradas no intervalo de tempo entre as duas passagens aparecem coloridas (em vermelho ou cyan) e as áreas em que não ocorreram alterações aparecem em tons de cinza.

Neste trabalho utilizou-se somente o canal MSS/5 que é o mais adequado para a identificação de áreas urbanas. Além disso, ao se utilizar a técnica de registro de imagens, associaram-se os filtros azul e verde (cyan) à passagem mais antiga e o filtro vermelho à passagem mais recente.

A Figura 2 representa o processo geral de obtenção de composição multitemporal colorida. Com o resultado visual apresentado na tela do IMAGE-100 obtém-se uma composição colorida em que: 1) as áreas em que não ocorrem mudança, considerando as duas passagens do satélite, apresentam uma composição colorida neutra (branca ou preta), dependendo da alta ou baixa reflectância do alvo, respectivamente; 2) as áreas em que ocorreram mudança apresentam-se nas cores cyan ou vermelho, conforme a alteração consista na transformação de um alvo de alta para baixa reflectância, da 1ª data para a 2ª, ou vice-versa.

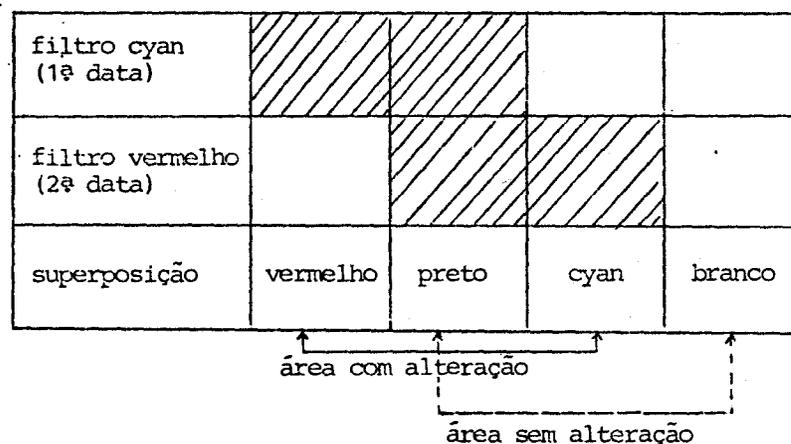


Fig. 2 - Composição multitemporal colorida obtida com o registro automático de duas passagens e filtragem digital. Adaptado de Eyton (1983).

No contexto deste trabalho, as áreas que na composição colorida aparecem em tons de cinza-claro correspondem às áreas que nas duas passagens apresentavam uso do solo urbano e/ou solo exposto (alta reflectância).

Os tons de cinza-escuro correspondem às áreas que nas duas passagens apresentavam cobertura vegetal e/ou corpos d'água e áreas úmidas (baixa reflectância).

Nesta mesma composição colorida, as áreas em cyan representam alvos que na data base eram áreas urbanas e/ou solo exposto e na data posterior encontravam-se ocupadas por vegetação (jardins, áreas de reflorestamento, etc.).

As áreas que aparecem em cor vermelha são aquelas que na data base apresentavam cobertura vegetal e na data posterior mostravam ocupação urbana e/ou solo exposto.

Com base nessa chave de interpretação o processo de identificação das áreas de crescimento urbano torna-se relativamente rápido, cuja precisão é então checada através da interpretação de fotografias aéreas e levantamento de campo.

### 3 - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foram obtidos produtos fotográficos da área de interesse na escala 1:100.000, no canal 5, nas datas 1973, 1978 e 1983. Além disso foram obtidas 3 composições coloridas resultantes do registro das imagens de 1973-1978, 1978-1983 e 1973-1983.

A interpretação visual destes produtos facilitou a identificação, em cada composição colorida, da área urbana comum às duas datas (que apareceu em cinza-claro), e as áreas que sofreram urbanização no período (que apareceram em vermelho).

Com a superposição das imagens de 1973 e 1978 identificou-se a ocorrência, neste período, de um adensamento residencial na Península Norte. Observou-se também a ocorrência de construções na Asa Norte e na área de mansões do Lago Paranoá, sobretudo do lago norte. Neste período, nota-se ainda uma forte expansão da área dos núcleos urbanos satélites Guará I e II.

Com a superposição das imagens de 1978 e 1983 observou-se a ocorrência, no período, de um forte adensamento residencial na Península Norte. Observou-se também uma tendência à consolidação das áreas de mansões dos lagos Norte e Sul. Outro fenômeno observado foi a grande expansão da invasão da Barragem do Lago Paranoá, atualmente com cerca de 20.000 habitantes e que no período aparentemente duplicou sua área. Observou-se, finalmente, neste período, a implantação da área residencial Octogonal, não-presente na proposta de Lúcio Costa.

A composição colorida resultante da superposição das imagens 1973-1983 mostrou alterações ocorridas nos últimos 10 anos. A utilidade do uso desta composição consistiu, basicamente, no fato de terem sido realçadas as tendências de crescimento urbano e outras alterações no uso do solo, apresentadas nas composições das imagens de períodos intermediários. Assim, o adensamento residencial da Península Norte, as construções na Asa Norte, o adensamento das construções da região de mansões do Lago Sul e da Península Sul puderam ser observados com maior clareza.

Para estudos urbanos a obtenção de composições coloridas com imagens relativas a um período de dez anos tem também a vantagem de evidenciar os impactos gerados pelo crescimento urbano no meio ambiente. No caso específico de Brasília foi evidente o processo de formação de áreas erodidas pela extração de material para construção civil no entorno do Plano Piloto.

No entanto, as informações obtidas com a superposição de datas limites devem ser complementadas com informações de superposição de datas intermediárias. Este tipo de informação permite localizar melhor, no tempo, a ocorrência de alterações de uso do solo. No caso específico de Brasília, por exemplo, conclui-se que o crescimento da invasão do Lago Paranoá ocorreu no período de 1978 a 1983, uma vez que a superposição de 1973 a 1978 não apresentou nenhuma expansão no entorno desta área.

A análise conjugada das 3 composições coloridas, complementada com consultas a arquivos fotográficos e levantamento de campo, permitiu uma avaliação da evolução urbana de Brasília no período 1973-1983.

As composições coloridas obtidas como produto fotográfico deste trabalho, bem como os resultados mais detalhados obtidos do processo de fotointerpretação, encontram-se em Oliveira et alii (no prelo). Tais composições deixam de ser aqui apresentadas devido à impossibilidade de impressão colorida de fotografias nos anais deste simpósio.

#### 4 - CRESCIMENTO URBANO DE BRASÍLIA

Neste tópico tentar-se-á dar uma visão sintética de como ocorreu o crescimento urbano de Brasília no período de 1973 a 1983 - segundo resultados obtidos neste trabalho - suas consequências ambientais e algumas razões que parecem ter dirigido este crescimento.

Para compreender as tendências de crescimento verificadas em determinada estrutura faz-se necessário, inicialmente, conforme aponta Castells (1980), entender a organização espacial urbana como resultante da competição entre os homens, divididos em classes, em luta pela vida e pela apropriação diferencial do seu trabalho, ou seja, deve-se entender o espaço como um produto material em relação com outros elementos materiais, entre os quais os homens que adquirem determinadas relações sociais, que dão ao espaço uma forma, uma função, uma significação social.

Assim, para a compreensão de como ocorreu o crescimento da área urbana de Brasília, deve-se ter em mente aquilo que ocorreu ao nível de sua estrutura sócio-econômica e que influenciou na sua expressão física.

A proposta do Plano Piloto de Brasília parece considerar a cidade como um sistema fechado. Brasília foi concebida como um sistema, cuja forma, distribuição espacial do uso do solo, dimensões e população são definidos de modo determinístico aprioristicamente.

A visão parece ser de que, independentemente do que ocorresse no meio-ambiente desta cidade, isto é, na região do Distrito Federal, ou em outro nível no próprio País, ela teria sua organização espacial determinada.

Em busca da concretização do desenho então definido, Brasília "foi construída em pouco tempo ... para assegurar-lhe a irreversibilidade" (Costa 1970c).

Seu desenvolvimento, entretanto, foi caracteristicamente o de um sistema aberto, em que processos constantes de realimentação fizeram-se necessários para corrigir influências de seu meio ambiente econômico-social, buscando manter a organização física desejada.

Assim, frente ao descompasso entre seu crescimento demográfico e o seu crescimento econômico, provocado sobretudo por intensa migração de todas as regiões do País, garantindo-lhe elevadas taxas de crescimento (6,2% no decênio 70/80 e 8,1% no decênio 60-70; CODEPLAN, 1983), foi necessário o exercício de um controle muito rígido sobre a forma de expansão urbana que agisse sobre influências espaciais indesejáveis de modo a buscar a concretização do desenho urbano proposto.

Desta maneira, foram conduzidas, de modo rigoroso, as diretrizes de urbanização propostas para orientar o seu crescimento, de forma a garantir que sua implantação e posterior desenvolvimento ocorresse de maneira próxima àquela planejada por seu criador Lúcio Costa.

Examinando a superposição das imagens LANDSAT, observa-se que, com raras exceções, o processo de crescimento de Brasília, no período de interesse, caracteriza-se como um processo de adensamento de uma implantação já definida. Adensam-se, por exemplo, de modo muito claro nas imagens, a Asa Norte, a Península Norte, e consolida-se, de modo gradativo, a separação espacial das funções urbanas.

Apesar de as diretrizes para orientar o desenvolvimento de Brasília terem sido conduzidas rigorosamente, ocorreram alguns desvios da concepção original, provocados por influências de problemas e contradições existentes ao nível da estrutura social.

As propostas de Lúcio Costa de que a Companhia Urbanizadora:

- a) impedisse o aparecimento de favelas no Plano Piloto e provesse dentro do esquema acomodações decentes e econômicas para a totalidade da população;

b) promovesse um certo grau de coexistência social nas unidades de vizinhança;

mostram-se impotentes frente ao jogo de forças que se criou no processo de produção e consumo do espaço urbano de Brasília, notadamente nos aspectos relativos à formação da renda da terra e do lucro imobiliário, bem como frente à estrutura social e econômica vigente no País, que não só ocasiona acentuada segregação residencial como até mesmo impede à grande parte da população o acesso à moradia decente. Neste caso:

- a) Apesar dos esforços constantes de eliminação das invasões no Plano Piloto, estas ressurgem a cada instante na área. Segundo Drumond et alii (no prelo), atualmente existem na área do Plano invasões urbanas com uma população de aproximadamente 5.600 habitantes.
- b) O espaço residencial urbano de Brasília apresenta-se estratificado em correspondência à segmentação de sua população. Os setores residenciais da área do Plano Piloto contêm as camadas mais privilegiadas da população, enquanto as menos privilegiadas habitam, além das áreas de invasões, as "pseudocidades satélites, desintegradas de qualquer planejamento conjunto, o que representa uma anomalia urbanística fundamental". (Costa, 1970a).

Nestes aspectos parece haver incompatibilidade entre a proposição física contida no Plano Piloto e o sistema social vigente no País.

A favela é a expressão concreta do desemprego e/ou subemprego, assim como a segregação residencial é a expressão concreta da segmentação cada vez maior do mercado de trabalho e também do desemprego/subemprego.

Mas, foi sobretudo fora dos limites do Plano Piloto que os efeitos indesejáveis das relações sociais vigentes se manifestaram ao nível do espaço físico.

Sendo o espaço do Plano Piloto com limites, tamanho, forma e funções predeterminadas e sobre o qual se exerce rigoroso controle, o fenômeno do "inchamento da cidade", ocasionado pelo citado descompasso entre crescimento demográfico e econômico, vem se manifestar fora destes limites. É a criação das pseudocidades satélites e no seu crescimento acelerado, cujas taxas de crescimento anual, no decênio 60/70, podem ser examinadas na Tabela 1, que se cristalizam as distorções provocadas ao nível físico pelas distorções ao nível das instâncias sócio-econômicas e políticas.

As cidades satélites propostas para serem construídas na época em que a cidade de Brasília tivesse de 500 a 700 mil habitantes começaram a surgir quando esta ainda apresentava

extensos vazios urbanos, devido à necessidade de abrigar a população menos privilegiada, coloca da fora do mercado de imóveis ou lotes urbanos na área do Plano Piloto. A demarcação rígida dos limites desta área, a dificuldade de ampliação destes limites, quer pelas diretrizes urbanísticas contidas no Plano, quer pelo já comprometimento de grandes áreas com órgãos públicos e núcleos rurais, tem implicado uma escassez cada vez maior da oferta de terrenos urbanos e, consequentemente, uma especulação imobiliária bastante grande. Estes fatos implicam a impossibilidade de de terminadas camadas da população atraídas para Brasília viverem dentro da área do Plano Piloto, ocasionando sua instalação nas cidades satélites. Estas, surgidas da necessidade de acomodar a população obreira e preservar a área do Plano Piloto, constituem, juntamente com a cidade de Brasília, um conjunto desarticulado de núcleos, para os quais faltou sempre a ação de um planejamento integrado que distribuisse espacialmente as funções urbanas. Hoje a área do Plano Piloto constitui-se, no local em que se concentram as oportunidades de trabalho, consumo e lazer de milhares de habitantes do Distrito Federal, comprometendo tanto a qualidade de vida dentro de seus limites como destas áreas urbanas periféricas.

TABELA 1

DISTRITO FEDERAL: EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO POR LOCALIDADE URBANA - 1959 a 1980

LOCALIDADE	DATA							CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL	
	MAI/59	SET/60	OUT/64	SET/70	JUN/75	JUN/78	SET/80	60/70	70/80
Plano Piloto	23.834	68.665	90.582	149.982	171.849	228.389	275.087	8,1	6,2
Cruzeiro	-	-	-	6.686	29.392	39.700	35.614	-	18,2
Guará	-	-	-	24.864	64.469	75.992	82.482	-	12,7
Núcleo Bandeirante	15.751	21.033	40.235	11.268	15.855	19.872	17.477	6,0	4,5
Taguatinga	3.677	26.111	68.947	107.347	145.350	183.995	192.999	15,1	5,5

\* A tabela apresenta apenas aquelas localidades na área de interesse deste trabalho.

FONTE: CODEPLAN, 1983.

O crescimento urbano de Brasília, conforme ocorrido, teve outros impactos no ambiente, além das já citadas más condições de vida dos habitantes obreiros das cidades satélites

que se deslocam distâncias até 60 km para trabalharem, e dos habitantes das invasões, carentes de qualquer recurso, até mesmo de moradia decente.

Através do exame da superposição das imagens LANDSAT observa-se a ocorrência, desde 1973, e de modo gradativo, de extensas áreas de solo exposto que correspondem a áreas terra plenadas para construção e plantio, como também para retirada de material para construção (cas calho). Esta última situação, caracterizada pelas caixas de empréstimo, constitui uma agressão ao meio ambiente, devido à forma desordenada como se processa: retirada a camada superficial do solo, esta desencadeia um processo erosivo que frequentemente é acelerado. Este processo é um dos fatores responsáveis pelo assoreamento que vem ocorrendo no Lago Paranoá e cujas consequências são relevantes para a vida biológica. Atualmente este lago já apresenta um alto grau de poluição que, se não corrigido ou amenizado, tende a comprometer as condições ambientais desta área. Este fato é relevante, pois o objetivo do lago é recreação e paisagismo. Suas condições físicas e químicas estão comprometendo seu objetivo, pois ocorre a eutrofização. Este problema está ligado ao fornecimento de nutrientes que tem sido crescente, vindo principalmente da área rural e de dejetos de esgoto. Esta situação tem acarretado preocupação com a normalização do uso do solo para que se possa diminuir o fornecimento de nutrientes.

Segundo o plano de Lúcio Costa dever-se-ia evitar a localização de residências nas margens do Lago Paranoá a fim de preservar intacta sua feição natural. Entretanto, tem-se estendido ao longo de suas margens o uso residencial, ocorrendo também aí invasões, a exemplo da favela do Paranoá, próxima à barragem deste lago. Nas suas margens existe até um matadouro de porcos que realiza o abate diário de dezenas destes animais, descarregando os seus resíduos sobre o lago. Além disto, resíduos de fossas sépticas são atirados ao lago, segundo informações verbais correntes.

O Lago Paranoá comporta-se como um sistema estático devido à relação entre o seu volume de água e aquele que entra e sai do seu sistema. Esta situação evidencia ainda mais a necessidade do controle de crescimento urbano no seu entorno.

#### 4 - CONCLUSÕES

A Técnica de Registro de Imagens e de filtros adequados mostrou ser um instrumental útil para estudos com vistas ao planejamento urbano, pois permitiu obter informações relativas à dinâmica do crescimento da cidade de Brasília, possibilitando analisar as tendências de suas alterações, o que dificilmente seria realizada sem o uso desta técnica.

Com as composições coloridas obtidas da aplicação dessa técnica foi facilmente identificado onde e quando ocorreu o fenômeno da expansão urbana. Isto porque tais composições discriminam, pela diferença de cor, as áreas que nas duas datas superpostas apresentaram uso urbano daqueles que sofreram alteração no seu uso.

A delimitação das áreas de uso alterado no período, através do registro de dados orbitais, minimizou o levantamento de campo. Este pôde ser direcionado apenas para aquelas áreas específicas, a fim de verificar se correspondiam realmente a áreas urbanizadas.

Algumas dificuldades surgiram durante a realização deste trabalho que poderão ser sanadas em pesquisas futuras. Uma delas refere-se ao fato de que para comparar a estrutura urbana de Brasília nas datas desejadas foram utilizados produtos dos satélites LANDSAT 1, 2 e 4, o que dificulta a superposição das imagens, implicando um maior dispêndio de tempo nesta tarefa devido às diferenças geométricas dos produtos dos seus sistemas sensores.

Com relação às composições coloridas obtidas com as superposições das imagens, estas poderiam ter uma melhor definição nas variações das cores se tivessem sido submetidas a um pré-processamento, visando equalizá-las com relação às tonalidades de cinza, o que não ocorreu.

Vale a pena ressaltar também que a utilização de outras imagens correspondentes ao período chuvoso na região teria auxiliado na melhor definição dos alvos, minimizando o número de pontos a ser verificados no campo.

Outro ponto a salientar consiste na dificuldade de discriminação entre áreas de construção e solo exposto, apenas utilizando a superposição de imagens LANDSAT. Por apresentarem alta reflectância no visível, estes alvos mostram-se com a mesma cor na composição colorida. Em decorrência de fatos como esse, a metodologia estruturada neste trabalho prevê sequencialmente a utilização de fotografias aéreas e levantamento de campo para completar o processo de interpretação dos dados.

Salienta-se ainda que a especificidade da área de estudo deste trabalho pode ter implicado algumas vantagens para a aplicação da técnica de registro de imagens que outras cidades não apresentariam.

Brasília é uma cidade planejada, com as funções urbanas racionalmente separadas. Isto, sem dúvida, facilitou o processo de fotointerpretação de imagens da área. Resta testar o uso desta técnica em cidades espontâneas que não apresentam a mesma racionalidade organizacional.

Observa-se por fim que estudos urbanos como o presente, que utilizam dados orbitais, têm melhores perspectivas para o futuro próximo por ocasião da operacionalização de novos sistemas sensores em desenvolvimento.

As áreas urbanas por serem altamente heterogêneas, complexas, e conterem objetos de pequena dimensão, requerem, para serem estudadas, que os sistemas sensores tenham alta resolução do terreno, o que não é oferecido atualmente pelos satélites de Sensoriamento Remoto existentes.

A nova geração de sensores terá maior resolução espacial, os quais trabalharão em mais bandas espectrais, e seus produtos serão mais semelhantes às fotografias aéreas em pequena escala.

O primeiro satélite francês da série SPOT, a ser lançado em 1985, oferecerá como produto imagens pancromáticas com resolução de 10 metros e imagens multiespectrais com resolução de 20 metros e possibilidade de estereoscopia; o novo satélite da série LANDSAT possibilitará ao Brasil a captação de imagens produzidas pelo seu Thematic Mapper com resolução de aproximadamente 30 metros e em 7 bandas multiespectrais; o satélite holandês TERS (Tropical Earth Resources Satellite), a ser lançado por volta de 1990, terá um sensor de nuvens com visada seletiva e resolução espacial de menos de 20 metros; o satélite brasileiro que está sendo construído, através da MECB (Missão Espacial Completa Brasileira), pelo INPE e que será lançado por volta de 1993, terá uma resolução de 40 metros.

A expectativa em torno das potencialidades dos produtos destes satélites às aplicações urbanas tem sido uma das motivações principais dos profissionais que trabalham na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTELLS, M. La cuestion urbana. Siglo vientiuno, México, 1980.

COSTA, L. Brasília dez anos depois segundo Lúcio Costa. Revista do Clube da Engenharia (386).6-11 Mar/Abr, 1970a.

——— O plano piloto de Brasília. Revista do Clube de Engenharia (386):14-22 Mar/Abr, 1970b.

——— O urbanista defende sua cidade. Revista do Clube de Engenharia (386):12-13, Mar/Abr, 1970c.

CODEPLAN Aspectos da urbanização do Distrito Federal (crescimento populacional). Indicadores Conjunturais (11):1, 59-79, Mar, 1983.

DRUMOND, A.; PARREIRAS, E.M.M.F.; FORESTI, C. A ocupação periférica de Brasília e os problemas ambientais. U.N.B., Brasília (no prelo).

EYTON, J.R. Landsat multitemporal color composites. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49(2): 231-235, Feb, 1983.

HOWARD, P.J.; BOASSON, E. Landsat digital enhancements for change detection in urban environments. Remote Sensing of Environment, 13(2):149-161, May, 1983.

OLIVEIRA, M.L.N.; FORESTI, C.; NIERO, M.; FRANCO, E.M.M. Aplicações de dados dos satélites Landsat no estudo da evolução urbana de Brasília. São José dos Campos, INPE (no prelo).