	Publicação nº INPE-3322-RPE/468	2. Versão	3. Data Outubro 1984	5. Distribuição □ Interna ☑ Externa					
4.	. •	rograma DPES/INFORMÁTICA		☐ Restrita					
6.	6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) SENSORIAMENTO REMOTO REGISTRO DE IMAGENS CRESCIMENTO URBANO								
7.	C.D.U.: 528.711.7:711.14(817.4)								
8.	Titulo	10. Pāginas: 35							
'	ESTUDO DA EVOLUÇÃO U	OLUÇÃO URBANA DE BRASÍLIA ATRAVÉS USO DE DADOS LANDSAT 11. Ültima página: 26 12. Revisada por							
	DO USO DE 1	•	12. Revisada por						
9.	9. Autoria Maria de Lourdes Neves de Oliveira Celina Foresti Madalena Niero Armando P. dos Santo								
	Elza Maria d	de Morais Fran	co Parreiras	13. Autorizada por					
Ass	Assinatura responsavel Welson de Jesus Parada Diretor Geral								
14.	14. Resumo/Notas								
	Neste trabalho é analisada a expansão urbana de Brasilia 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 de 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 areas prováveis de crescimento urbano e o direcionamento da verificação de campo. Os resultados obtidos permitiram uma avaliação do desenvolvimento urbano de Brasilia tomando como referência a proposta esta belecida no Plano Piloto elaborado por Lúcio Costa.								
15.	tados no XV Congresso	o Internaciona ro, junho de 13	l de Fotograme 984 e no I Con	esquisa foram apresen etria e Sensoriamento agresso Brasileiro de de 1984.					

<u>ABSTRACT</u>

In this work, the urban growth of Brasilia 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 Brasilia, taking as reference the proposal stated for the construction of the city in the Pilot Plan elaborated by Lucio Costa.

SUMÁRIO

·	Pāg.
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	
3 - METODOLOGIA	6
4 - RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	
5 - CRESCIMENTO URBANO DE BRASTLIA	
6 - CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

LISTA DE FIGURAS

			Pāg.
1.	. -	Āreas de interesse	3
2		Composição multitemporal colorida obtida com o registro auto mático de duas passagens e filtragem digital, adaptado de Eyton, 1983	
3	-	Brasīlia, registro de imagens 1973/1978	12
4	-	Brası̃lia, registro de imagens 1978/1983	13
5	-	Brasīlia, registro de imagens 1973/1983	15

LISTA DE TABELAS

			•	Pag.
1	-	Produtos	LANDSAT utilizados	7
2			Federal: Evolução do crescimento demográfico por lo urbana e zona rural - 1959 a 1980	

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 planejamen to urbano é aquela relativa à dinâmica do crescimento das cidades. Es te tipo de informação permite analisar as tendências do seu crescimen to, consideradas nas suas dimensões espaciais e temporais, e é útil pa ra 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 ur bano seja feito de modo globalizante e dinâmico tendo em vista seu as pecto sinótico e a periodicidade com que são coletados os dados. Para o monitoramento do crescimento urbano têm sido usadas técnicas de clas sificação automática de dados e comparação de imagens em diferentes da tas.

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 composição 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 de Imagens Multiespec trais (IMAGE-100), a qual permite a superposição de cenas em diferen tes datas, que, combinada ao uso de filtros adequados, possibilita a identificação e localização das áreas de crescimento urbano. A interpretação dos dados foi completada com a utilização de fotografias aé reas, realização de trabalho de campo e consulta a bibliografia disponível.

2. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

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

Esta área (Figura 1), com aproximadamente 800 km², contém o Plano Piloto e seu entorno, notadamente grande parte da Bacia do Paranoã. Apresenta um relevo suavemente ondulado, característico do Planalto Central do Brasil. Trata-se de um setor identificado por planaltos desdobrados e embutidos entre 1000 a 1300 metros, nivelados por su perfícies de erosão pos-cretáceas reconhecidas por Ab'Saber (1965) como "superfícies de cimeira elaboradas em clima semi-árido, por processos de pediplanação". Essas superfícies na área do Distrito Federal cor tam metassedimentos do Grupo Araxá e Bambuí representados por quartzi tos, quartzo-muscovítico, clorita-xisto-siltitos, ardosias, calcários, a maioria muito friáveis à erosão. Os dois níveis de planaltos são sus tentados por couraças ferruginosas (Penteado Orellana, 1976). A cober tura vegetal natural é de cerrado em gradação para campo.

A proposta de transferência da capital brasileira para o Estado de Goiás objetivou, em nível nacional, a interiorização do de senvolvimento e pode ser entendida como a primeira tentativa de plane jamento regional no País.

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

A localização da cidade em lugar desabitado, ermo e distante influiu para que sua concepção urbanistica não decorresse da an $\overline{\underline{a}}$ lise da realidade regional na qual seria construida, mas sim objetivas se expressar sua função de polo gerador de posterior desenvolvimento regional.



Fig. 1 - Āreas de interesse.

Esta concepção, que foi o ponto inicial da obra, define--se como um esforço de organização do espaço urbano dentro do movimento racionalista e da cidade funcional.

Nesta concepção transparece a separação espacial das fun ções trabalhar, habilitar e recrear, bem como a separação do trafego de velocidade e local, no transporte entre locais de residência, 10 cais de trabalho e recreação.

Segundo Lucio Costa (Costa, 1970b), a estrutura urbana de Brasília, conforme proposta do Plano Piloto, desenvolveu-se basica mente em torno de dois eixos que se cruzam em ângulo reto.

Ao longo do eixo norte-sul, dispõe-se a maior concentração dos setores residenciais da cidade.

Ao longo do eixo transversal, também denominado Eixo Monumental, dispõem-se os centros Cívico e Administrativo, o Setor de Cultura, o Centro de Diversões, o Centro Esportivo, o Centro Administrativo Municipal, quartéis, as zonas destinadas à armazenagem de abastecimento, as pequenas indústrias locais e a estação ferroviária.

Nas laterais à intersecção dos dois eixos, localizam-se o setor bancário e comercial, o setor de escritórios de empresas e dos profissionais liberais e os setores de varejo comercial.

Na plataforma central ao cruzamento dos eixos, livre do tráfego cujo destino não seja a própria plataforma, propôs-se o centro de diversões com cinemas, teatros e restaurantes.

A solução sugerida pelo plano para os setores residenciais ao longo do eixo norte-sul consiste na criação de sequência de "super-quadras", constituídas de conjunto de blocos residenciais, com gabarito máximo definido, construídos sobre pilotis e cujo conjunto de quatro delas $\tilde{\mathbf{e}}$ servido de equipamento de uso coletivo, bem como de \mathbf{co} mércio e serviços de atendimento de caráter local.

Isto significa que na proposta de organização deste espa co residencial foi adotado o conceito e a prática da consolidação de Unidades de Vizinhança, uma tentativa de manter a escala humana e pos sibilitar o convívio comunitário. Deste modo, as vastas áreas residenciais, que por serem destinadas ao atendimento da vida cotidiana do habitante incluem as residências e os espaços destinados a atividades concebidas como de extensão do habitar, são subdivididas em unidades básicas menores, e a solução do todo é buscada no somatório da solução das partes. O propósito é também o de descentralização de modo a corrigir possíveis congestionamentos centrais.

Do ponto de vista da composição social dos habitantes residentes nestes setores distribuídos ao longo do eixo norte-sul, propunha o Plano Piloto de Lúcio Costa "uma dosagem de gradação social, atribuindo-se maior valor a determinadas super-quadras (com as melho res localizações, paisagens e construções), e menor valor a outras, o que permitiria as gradações proprias do regime vigente" (Costa, 1970b).

Ja nas Unidades de Vizinhança (agrupamentos de quatro su perquadras) propunha-se um certo grau de coexistência social pela sua composição por superquadras de diferentes padrões econômicos.

Evitar-se-ia, deste modo, pela diluição uniforme das $d\underline{i}$ ferenças sociais, "a divisão da cidade em áreas ricase pobres" (Costa, 1970a).

Ainda neste contexto propôs o Plano Piloto "impedir a in quistação de favelas tanto na periferia urbana quanto na rural" deven do a "Companhia Urbanizadora prover dentro do esquema previsto acomodações decentes e econômicas para a totalidade da população" (Costa, 1970b).

Como forma de dispor do terreno no setor das quadras e torna-lo acessivel ao capital particular foi proposto o não-loteamen to das quadras, sugerindo-se ao inves disso, a venda de cotas de terre

no com valor fixado em função do setor e do gabarito permitido pelo pla nejamento, que seria realizado, de modo preferencial, anteriormente \tilde{a} vendas das cotas de modo a não comprometer o conjunto.

O plano previu, também, alguns setores residenciais des tinados a loteamento para casas individuais, à baixa densidade, localizados nas penínsulas e cercados de arvoredos e campos. Previu ainda, em caráter excepcional, a construção eventual de casas avulsas isola das afastadas no mínimo 1 km uma das outras.

O Plano evitou a localização de residências na beira do Lago do Paranoa a fim de preserva-lo intacto com feição natural.

Outro aspecto de interesse a salientar do Plano Piloto e que segundo Costa (1970a) "em obediência ao estipulado no edital de con corrência previa que uma vez atingido o total de 500 a 700 mil habitan tes, seriam criadas cidades satélites integradas no planejamento da área circunvizinha".

Caracteristicamente, a proposta urbana contida no proje to de Lucio Costa expressa a abordagem de planejamento voltada para o "Desenho Urbano", ou seja, identifica o projeto urbano \tilde{a} ideia, a con cepção, ao desenho urbano, enaltecendo-se a criação do profissional ar quiteto.

A area de estudo delimitada apresenta, ja em 1973, areas urbanas que extrapolam a região do Plano Piloto idealizado por Lucio Costa, sendo elas: parte de Taguatinga, Guara, Nucleo Bandeirante, Se tor de Mansões Suburbanas "Park Way" e Cruzeiro Velho.

3. 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

area de estudo, as quais foram analisadas no Analisador de Imagens Multiespectrais - IMAGE-100 - da General Electric.

As três imagens selecionadas correspondem ao período se co na região; o intervalo de 5 anos de uma passagem para outra foi con siderado adequado devido a natureza do estudo: identificação do crescimento urbano.

A Tabela 1 apresenta as caracteristicas das fitas CCTs analisadas.

TABELA 1

PRODUTOS LANDSAT UTILIZADOS

DATA DAS PASSAGENS	SATĒLITE LANDSAT	ORBITA/PONTO
26/6/73 28/6/78	1	SRB 192/23 SRB 192/23
17/6/83	4	WRS 221/71

0 trabalho foi desenvolvido utilizando a escala aproxima da de 1:100.000, aconselhavel para estudos de expansão urbana conside rando a resolução atual do sistema MSS/LANDSAT.

Para o desenvolvimento deste trabalho, estruturou-se uma metodologia constituida basicamente dos seguintes passos:

 ampliação da area de interesse na escala 1:100.000, canal 5, no IMAGE-100, para as 3 diferentes datas e obtenção de produtos fotográficos;

- 2) superposição automática de pares de imagens das diferentes da tas no IMAGE-100, associada ao uso de filtros digitais e obten ção de produtos fotográficos para análise visual;
- identificação das áreas em que ocorreram alterações e de prova vel crescimento urbano, através da análise visual das cores nos produtos fotográficos obtidos anteriormente;
- 4) elaboração de mapas preliminares das áreas de provável cresc<u>i</u> mento urbano:
- 5) consulta a mosaicos fotográficos em pontos direcionados pela análise dos mapas preliminares;
- 6) checagem de campo em pontos que necessitam de verdade terres tre por insuficiência de informação dos mosaicos fotográficos.

O ponto central dessa metodologia \tilde{e} a utilização do Programa Registro de Imagens e uso adequado de filtros.

Através do programa de registro automático de imagens, desenvolvido no Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais do INPE-CNPq, 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 correspondentes (pixels) coincidam.

De modo geral, na superposição de duas datas, uma delas é tomada como base e são realizados ajustes na outra. Inicialmente é realizada uma superposição manual grosseira das duas cenas na tela do IAMGE-100. A partir daí, para realizar o registro, são escolhidos al guns pontos de controle (pixels de controle) facilmente identificaveis nas duas imagens como cruzamento de estradas, cruzamento do sistema viario urbano, obras de engenharia, etc. Para cada um destes, tomam -se as coordenadas na imagem base e na imagem a ser ajustada. Essas coordenadas são utilizadas, como dados de entrada para a execução do

Programa Registro de Imagens que utiliza, para realizara superposição, polinômios de interpolação. Este programa, com base nos deslocamentos dos "pixels" de controle, gera as novas coordenadas para os demais pontos da imagem.

A avaliação da qualidade da superposição é realizada vi sualmente na tela do IMAGE-100.

No caso deste trabalho foi tomada como base a imagem de Brasilia de 1978, e ajustadas as imagens de 1973 e 1983.

Para o ajuste de imagem de 1973 foram utilizados 13 pontos de controle, e o melhor ajuste foi obtido com a utilização do polinomio de 19 grau.

Para o ajuste da imagem de 1983 foram utilizados 10 pontos de controle e novamente o polinômio de 19 grau.

Através do uso de filtros adequados, combinados à técnica de registro de imagens, foi possível a obtenção de uma composição colorida, na qual as áreas alteradas no intervalo de tempo entre as duas passagens aparecem coloridas (vermelho ou cyan) e as áreas em que não ocorreram alterações aparecem em tons de cinza.

Neste trabalho, cujo interesse e o estudo do crescimento urbano, utilizou-se somente o canal MSS/5 que e o mais adequado para a identificação de áreas urbanas.

Alem disso, por ocasião do registro das imagens, associa ram-se os filtros azul e verde (cyan) a passagem mais antiga, e o filtro vermelho a passagem mais recente.

A Figura 2 representa o processo geral de obtenção da com posição multitemporal colorida. Neste processo, as areas empreto representam alvos que refletem pouca ou nenhuma radiação, e as areas em

branco representam alvos com alta reflectância. Com o resultado visual apresentado na tela do I-100 obtém-se uma composição colorida onde:

1) as áreas em que não ocorreram mudança, considerando as duas passagens do satélite, apresentam uma composição colorida neutra (branca ou preta), dependendo da reflectância do alvo; 2) as áreas em que ocorreram mudança apresentam-se nas cores cyan ou vermelha, conforme a alteração consista na transformação de um alvo de alta para baixa reflectância, da 1ª data para a 2ª, ou vice-versa.

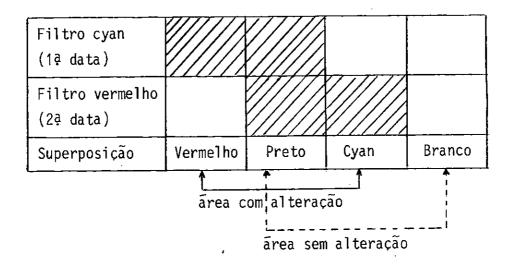


Fig. 2 - Composição multitemporal colorida obtida com o registro automático de duas passagens e filtragem digital, adaptado de Eyton, 1983.

No contexto deste trabalho, as \tilde{a} reas que na composiç \tilde{a} o colorida aparecem em tons de cinza-claro correspondem \tilde{a} s \tilde{a} reas que nas duas passagens apresentavam solo urbano e/ou solo exposto (alta reflectancia).

Os tons de cinza-escuro correspondem as areas que nas duas passagens apresentavam cobertura vegetal e/ou corpos d'agua e areas umidas (baixa reflectancia).

Nesta mesma composição colorida, as áreas em cyan representam alvos que na 14 passagem eram áreas urbanas e/ou solo exposto e

na 2ª passagem encontravam-se ocupadas por vegetação (jardins, areas de reflorestamento, etc.).

As areas que aparecem em cor vermelha são aquelas que na 1ª passagem apresentavam cobertura vegetal e na 2ª mostravam ocupação urbana e/ou solo exposto.

Com base nessa chave de interpretação, o processo de iden tificação das áreas de crescimento urbano torna-se relativamente rāpi do, cuja precisão é checada através da interpretação de fotografias a $\underline{\acute{e}}$ reas e levantamento de campo.

4. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A superposição das imagens de 1973 e 1978 resultou em uma composição colorida (Figura 3) em que a área urbana nas duas datas se apresenta em tonalidade cinza-claro, e as áreas que sofreram alteração de uso no período, em vermelho. A cor vermelha significa que os alvos alterados apresentavam em 1973 baixa reflectância e em 1978 alta $rec{e}$ flectância, ou seja, a substituição da vegetação por área construída ou solo exposto.

Na Figura 3 apresentam-se, com bastante evidência, as áreas demarcadas com número 6 correspondentes a solo exposto para reflorestamento. Evidenciam-se também os adensamentos residenciais na Pe nínsula Norte.

Nota-se ainda, com clareza, que em 1978 a area correspondente ao Parque Recreativo tinha sofrido alteração, apresentando construções e/ou solo exposto para ajardinamento.

Outros aspectos a salientar são a consolidação das super quadras da Asa Sul e as construções que estão ocorrendo na Asa Norte, no período de 1973 a 1978. Conforme fotografias aéreas o pique das construções na Asa Sul ocorreu em 1975. Nota-se também uma forte expansão da area dos núcleos urbanos satélites Guara I e Guara II.



Fig. 3 - Brasilia, registro de imagens 1973/1978.

- 1 Ārea de construção
- 2 Area de adensamento residencial
- 3 Invasões (favelas)
- 4 Terraplenagem
- 5 Solo exposto para retirada de material
- 6 Solo exposto para reflorestamento
- 7 Solo exposto para ajardinamento 8 Area reflorestada

São evidentes também na Figura 3 as areas de solo expos to para extração de material para construção também chamadas caixas de emprestimo. Essas areas são identificadas por contornos irregulares e localização na periferia das áreas já urbanizadas, podendo, pela sua resposta espectral, ser confundidas com areas construidas.

No periodo de 1978 a 1983 (Figura 4, cuja legenda $\bar{\rm e}$ a mesma da Figura 3), as $\bar{\rm a}$ reas em cyan correspondem a $\bar{\rm a}$ reas que na prime $\bar{\rm i}$ ra data (1978) apresentavam alta reflect $\bar{\rm a}$ ncia (solo exposto) e na se gunda data, ou seja 1983, apresentavam-se reflorestadas (com baixa reflect $\bar{\rm a}$ ncia no canal MSS/5).



Fig. 4 - Brasilia, registro de imagens 1978/1983.

Nesta figura pode-se observar ainda uma intensa pigmenta cão vermelha na Peninsula Norte que representa um forte adensamento re sidencial.

Observa-se também uma tendência à consolidação das áreas de mansões dos Lagos Norte e Sul, indicadas na Figura 4 com o número 2.

Outro fenômeno observado foi a grande expansão da area da Invasão da Barragem do Lago Paranoa, atualmente com cerca de 20.000 habitantes e que no período em analise aparentemente duplicou sua area.

Na Figura 4 observa-se, ainda, a implantação da area residencial octogonal não prevista no projeto urbano inicial de Lucio Costa.

A superposição das imagens de 1978-1983 mostra também o surgimento de novas caixas de empréstimo para construção, bem como a expansão de algumas já existentes.

A Figura 5, cuja legenda é a mesma das figuras 3 e 4, apresenta a superposição das imagens de 1973 e 1983, indicando altera ções ocorridas nos últimos 10 anos. A adequação de usar as datas limites do periodo estudado consiste basicamente no fato de que as tendên cias de crescimento urbano e outras alterações apresentadas nas super posições intermediárias (1973-1978, 1978-1983) são realçadas. Assim, o andensamento residencial da Península Norte, as construções na Asa Norte, o adensamento da Região de Mansões no Lago Sul e na Península Sul, em menor escala, podem ser visualizados com maior clareza.

Para estudos urbanos, a obtenção de composições coloridas com imagens relativas a um periodo de 10 anos tem também a vanta gem de evidenciar os impactos gerados pelo crescimento urbano no meio ambiente. No caso específico de Brasilia é evidente o processo de formação de areas erodidas pela extração de material para construção civil.



Fig. 5 - Brasilia, registro de imagens 1973/1983

No entanto, as informações obtidas coma superposição das datas limites devem ser completadas com informações obtidas nas superposição de datas intermediárias.

Este tipo de informação permite localizar melhor no tem po a ocorrência de alterações do uso do solo. No caso específico de Brasília, por exemplo, observando se as Figuras 3, 4 e 5 conclui-se que o crescimento da Invasão da Barragem do Lago Paranoa ocorreu no perío do de 1978 a 1983, uma vez que a superposição de 1973 a 1978 não apre sentou nenhuma expansão no entorno desta area.

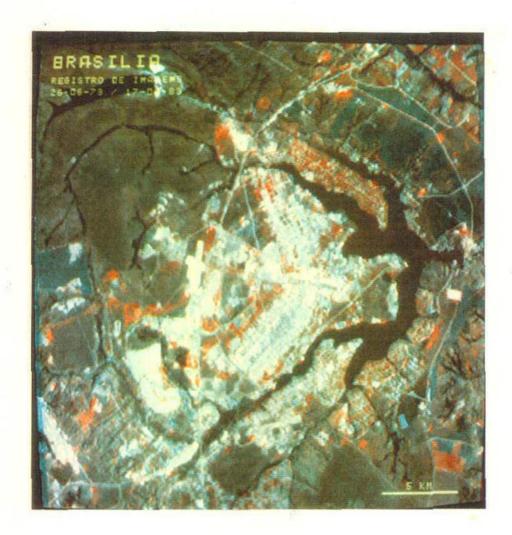


Fig. 5 - Brasilia, registro de imagens 1973/1983

No entanto, as informações obtidas coma superposição das datas limites devem ser completadas com informações obtidas nas superposição de datas intermediárias.

Este tipo de informação permite localizar melhor no tem po a ocorrência de alterações do uso do solo. No caso específico de Brasilia, por exemplo, observando se as Figuras 3, 4 e 5 conclui-se que o crescimento da Invasão da Barragem do Lago Paranoã ocorreu no perío do de 1978 a 1983, uma vez que a superposição de 1973 a 1978 não apre sentou nenhuma expansão no entorno desta area.

Um outro exemplo que evidencia este fato é que, observan do apenas a Figura 4, tem-se a impressão que não houve alteração no uso do solo da área de cerrado no entorno de Brasília. Entretanto, observando as Figuras 3 e 4 percebe-se que extensas áreas de cerrado aparecem terraplenadas na Figura 3 e reflorestas na Figura 4, correspondentes aos períodos 1973-1978 e 1978-1983, respectivamente.

Na Figura 4 a substituição da vegetação de cerrado por reflorestamento obscurece as alterações ocorridas.

No desenvolvimento deste trabalho surgiram algumas difi culdades que podem ser sanadas em pesquisas futuras. Uma delas referesea o fato de que para comparar a estrutura urbana de Brasilia nas datas desejadas foram utilizados produtos dos satélites LANDSAT 1, 2 e 4, o que dificultou a superposição das imagens, implicando maior dis pêndio de tempo nesta tarefa, devido as diferenças geométricas dos produtos de seus sistemas sensores.

Com relação as composições coloridas obtidas com as su perposições das imagens, estas podem ter uma melhor definição nas va riações das cores se tivessem sido submetidas a um pre-processamento vi sando equaliza-las com relação as tonalidades de cinza, o que não ocor reu.

Vale a pena ressaltar também que a utilização de outras imagens correspondentes ao período chuvoso na região poderia ter auxiliado na melhor definição dos alvos, minimizando o número de pontos a serem verificados no campo. No período chuvoso as áreas urbanas são melhor definidas em virtude de contraste de reflectância que apresentam em relação à vegetação dos arredores. Neste trabalho a opção de trabalhar com as três datas num mesmo período (seco) ocorreu em função da não-disponibilidade de imagens das três datas de interesse no período chuvoso.

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

5. CRESCIMENTO URBANO DE BRASÍLIA

Neste tópico é dada uma visão sintética de como ocorreu o crescimento urbano de Brasília no periodo de 1973 a 1983 - segundo resultados obtidos neste trabalho - suas consequências ambientais e al gumas razões que parecem ter dirigido este crescimento.

Para compreender as tendências de crescimento verifica das em determinada estrutura urbana 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 de terminadas relações sociais, que dão ao espaço uma forma, uma função, uma significação social.

Assim, para a compreensão de como ocorreu o crescimento da area urbana de Brasilia, deve-se ter em mente aquilo que ocorreu ao nivel de sua estrutura socio-econômica e que influi na sua expressão $f\bar{\underline{1}}$ sica.

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

A visão parece ser de que independentemente do que ocorresse no meio-ambiente desta cidade, isto \tilde{e} , na região do Distrito $F\underline{e}$ deral, ou em outro nível no proprio País, ela teria sua organização \underline{es} pacial determinada.

Em busca da concretização do desenho então definido, Brasilia "foi construida 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 $f\underline{i}$ zeram-se necessários para corrigir influências de seu ambiente econ $\underline{\hat{o}}$ mico-social, buscando manter a organização física desejada.

Assim, frente ao descompasso entre o seu crescimento de mográfico e o seu crescimento econômico, provocado sobretudo por inten sa migração de todas as regiões no 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 rígi do 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 aquela planejada por seu criador Lúcio Costa.

Examinando a superposição das imagens LANDSAT, observa-se que, nas raras exceções, o processo de crescimento de Brasilia, no
periodo de interesse, caracteriza-se como um processo de adensamento
de uma implantação jã 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 des vios 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 Urbaniza dora:

- a) impedisse o aparecimento de favelas no Plano Piloto e provesse dentro de esquema acomodações decentes e econômicas para a totalidade da população,
- b) promovesse um certo grau de coexistência social nas unidades de vizinhança,

mostraram-se impotentes frente ao jogo de forças que se criou no processo de produção e consumo do espaço urbano de Brasilia, notadamente nos aspectos relativos à formação da renda da terra e do lucro imobiliario, bem como frente à estrutura social e econômica vigente no País, que não so 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 da eliminação das invasões no Plano Piloto, estas resurgem a cada instante na área. Segundo Drummond et alii (no prelo) atualmente existem na área do Pla no e cidades satélites invasões urbanas com uma população de aproximadamente 83.000 habitantes.
- b) O espaço residencial urbano de Brasília apresenta-se estratificado em correspondência à segmentação de sua população. Os se tores residenciais da area do Plano Piloto contém as camadas mais privilegiadas da população, enquanto as menos privilegia das habitam, além das areas de invasões, as "pseudocidades sa télites, desintegradas de qualquer planejamento conjunto, o

que representa uma anomalia urbanistica 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 \tilde{e} a expressão concreta do desemprego e/ou subem prego, assim como a segregação residencial \tilde{e} 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 indesejaveis das relações sociais vigentes se manifestaram ao nivel do espaço fisico.

Sendo o espaço do Plano Piloto com limites, tamanho, for ma e funções predeterminadas e sobre o qual se exerce rigoroso contro le, o fenômeno do "inchamento da cidade", ocasionado pelo citado des compasso entre crescimento demográfico e econômico, vem se manifestar fora destes limites. É na criação das pseudocidades satélites e no seu crescimento acelerado, cujas taxas de crescimento anual nos decênios 60/70 e 70/80 podem ser examinadas na Tabela 2, que se cristalizam as distorções provocadas ao nível físico pelas distorções ao nível das ins tâncias socio-econômicas e políticas.

TABELA 2

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

MAI/59	SET/60	OUT/64	SET/70	JUN/75	JUN/78	SET/80	CRESCI MÉDIO	ANUAL
							60770	70/80
23.834	68.665	90.582	149.982	171.849	228.389	275.087	8,1	6,2
-	-	-	6.686	29.392	39.700	35.614	_	18,2
-	-	-	24.864	64.469	75.992	82.482		12,7
15.751	21.033	40.235	11.268	15.855	19.872	17.477	-6,0	4,5
3.677	26.111	68.947	107.347	145.350	183.995	192.999	15,1	5,5
	23.834	23.834 68.665 15.751 21.033	23.834 68.665 90.582 15.751 21.033 40.235	23.834 68.665 90.582 149.982 6.686 24.864 15.751 21.033 40.235 11.268	23.834 68.665 90.582 149.982 171.849 6.686 29.392 24.864 64.469 15.751 21.033 40.235 11.268 15.855	23.834 68.665 90.582 149.982 171.849 228.389 6.686 29.392 39.700 24.864 64.469 75.992 15.751 21.033 40.235 11.268 15.855 19.872	23.834 68.665 90.582 149.982 171.849 228.389 275.087 - - 6.686 29.392 39.700 35.614 - - 24.864 64.469 75.992 82.482 15.751 21.033 40.235 11.268 15.855 19.872 17.477	MAI/59 SET/60 OUT/64 SET/70 JUN/75 JUN/78 SET/80 MEDIO 60/70 23.834 68.665 90.582 149.982 171.849 228.389 275.087 8,1 6.686 29.392 39.700 35.614 - 24.864 64.469 75.992 82.482 - 15.751 21.033 40.235 11.268 15.855 19.872 17.477 -6,0

Observações

- 1) O decrescimo da população do Núcleo Bandeirante a partir de 1970 ex plica-se pelo surgimento de outros núcleos satélites para onde forma deslocados seus contigentes populacionais.
- 2) Aparecem na tabela apenas aquelas localidades nos limites demarca dos como area de interesse deste trabalho.

Fonte: Codeplan, 1983.

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 colocada fora do mercado de imoveis ou lotes urbanos na área do Plano Piloto. A demarcação rígida dos limites para o acrescimo de áreas não previstas no Plano, quer pelas suas diretrizes urbanísticas, quer pelo já comprometimento de grandes áreas com orgãos públicos e núcleos rurais, tem implicado uma escassez cada vez maior da oferta de terrenos urbanos e, consequentemente, uma especulação imobiliária bastante grande.

Este fatos implicam a impossibilidade de determinadas ca madas da população atraidas para Brasilia viverem dentro da área do Pla no Piloto, ocasionando sua instalação nas cidades satélites. Estas, se gundo Costa (1970a), surgidas da necessidade de acomodar a população obreira e preservar a área do Plano Piloto, constituem juntamente com a cidade de Brasilia um conjunto desarticulado de núcleos, para os quais faltou sempre a ação de um planejamento integrado que distribuis se 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.

O crescimento urbano de Brasília, conforme ocorrido, te ve outros impactos no ambiente, alem das ja 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 ca rentes de qualquer recurso, até mesmo de moradia decente.

Através do exame de superposição das imagens LANDSAT ob serva-se a ocorrência, desde 1973 e de modo gradativo, de extensas areas de solo exposto que correspondem a areas terraplenadas para cons trução e plantio, como também para retirada de material para constru ção (cascalho). Esta última situação, caracterizada pelas caixas de emprestimo, constitui uma agressão ao meio ambiente devido à forma de sordenada como se processa; retirada a camada superficial do solo esta desencadeia um processo erosivo, que frequentemente é acelerado. processo e um dos fatores responsaveis pelo assoreamento que vem ocor rendo no Lago Paranoa, cujas consequências são relevantes para a sua vida biologica. Atualmente este lago ja apresenta um alto grau de ро luição que se não corrigido ou amenizado, tende a comprometer as condi ções ambientais desta area. Este fato e relevante, pois o objetivo do lago e recreação e paisagismo. Suas condições fisicas e quimicas estão comprometendo seu objetivo, pois ocorre a eutrofização. Este problema esta ligado ao fornecimento de nutrientes que tem sido crescente, vindo principalmente da area rural e de dejetos de esgotos. Esta situação tem

acarretado preocupação com a normálização do uso do solo para que se possa diminuir o fornecimento de nutrientes.

Segundo o plano de Lúcio Costa, dever-se-ia evitar a lo calização de residências nas margens do Lago Paranoã, a fim de preser var intacta sua feição natural. Entretanto, tem-se estendido ao longo das suas margens o uso residencial, ocorrendo também ai invasões, a exemplo daquela do Paranoã, próxima à barragem deste lago. Nas suas mar gens 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 Paranoa comporta-se como um sistema estatico devido a relação entre o volume de agua e aquele que entra e sai do seu sistema. Esta situação evidencia ainda mais a necessidade do controle de crescimento urbano no seu entorno.

Segundo o trabalho denominado Plano Estrutural de Organ<u>i</u> zação Territorial do DF-SEPLAN/GDF (Brasil, 1977), existe uma limit<u>a</u> ção à expansão urbana na área da bacia do Paranoa, decorrente do ava<u>n</u> çado grau de eutrofização encontrado no Lago. A existência deste doc<u>u</u> mento evidencia a gravidade do problema.

6. CONCLUSÕES

A técnica de registro de imagens, associada ao uso de fil tros adequados, mostrou ser um instrumental útil para estudos com vistas no planejamento urbano, pois permitiu obter informações relativas à dinâmica do crescimento da cidade de Brasília, possibilitando anali sar as tendências de suas alterações, o que dificilmente seria realiza da 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 areas que nas duas datas superpostas apresentam uso urbano daquelas que sofreram alteração no seu uso.

A delimitação das áreas de uso alterado no periodo, atra ves do registro de dados orbitais, minimizou o levantamento de campo. Este pode 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 Brasilia nas três datas de interesse foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 1, 2 e 4, o que dificultou a superposição das imagens, implicando maior dispêndio de tempo nesta tarefa, devido as diferenças geométricas dos produtos dos seus sistemas sensores.

Com relação às composições coloridas obtidas com as $s\underline{u}$ perposições das imagens, estas poderiam ter uma melhor definição nas $v\underline{a}$ riações 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 periodo chuvoso na região teria auxiliado na melhor definição dos alvos, minimizando o número de pontos a serem verificados no campo.

Outro ponto a salientar consiste na dificuldade de dis criminação entre areas de construção e de solo exposto apenas utilizan do a superposição de imagens LANDSAT. Por apresentarem alta reflectan cia no visível, estes alvos mostram-se com a mesma cor na composição co lorida. Em decorrência de fatos como esse a metodologia estruturada nes

te 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 duvida, facilitou o processo de fotointerpretação das imagens da área. Resta testar o uso da técnica em cidades espontâneas que não apresentam a mesma racionalidade organiza cional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro. São Paulo, USP, F.F.C.L., 1965.
- BRASIL SECRETARIA DO PLANEJAMENTO (BRASIL/SEPLAN) Plano estrutural de organização territorial do Distrito Federal. Brasilia, 1977.
 V.1.
- CASTELLS, M. La cuestion urbana. Siglo veintiuno, México, 1980.
- CODEPLAN Aspesctos da urbanização do Distrito Federal (crescimento populacional). *Indicadores Conjunturais* (11):1, 59-79, Mar., 1983.
- COSTA, L. Brasilia dez anos depois segundo Lucio Costa. Revista do Clube de Engenharia (386):6-11. Mar/Abr, 1970a.
- ——— O plano piloto de Brasilia. 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.
- DRUMMOND, A.; PARREIRAS, E.M.M.F.; FORESTI, C. A ocupação periférica de Brasilia e os problemas ambientais. U.N.B., Brasilia (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 enhancement for change detection in urban environments. *Remote Sensing of Environment*. 13(2):149-161, may, 1983.
- PENTEADO-ORELLANA, M.M. Tipos de concreções ferruginosas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto de Brasília. *Noticia*Geomorfológica, 16(32):39-53, 1976.