

## USO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA DISCRIMINAÇÃO DE ALVOS URBANOS E NÃO-URBANOS NO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA

JOCIMARA SOUZA BRITTO LOBÃO<sup>1</sup>  
WASHINGTON DE JESUS SANT'ANNA DA FRANCA ROCHA<sup>2</sup>  
JOSELISA MARIA CHAVES<sup>3</sup>  
MARJORIE CSEKÖ NOLASCO<sup>4</sup>

BR 116 - Km 3 – UEFS - Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Brasil

<sup>1</sup>(jlobao@gd.com.br)

<sup>2</sup>(wrocha@uefs.br)

<sup>3</sup>(joselisa@uefs.br)

<sup>4</sup>(mcn@uefs.br)

**Abstract.** Digital image processing techniques were applied to satellite images for discrimination of urban and non-urban areas as an instrument of space analysis. The complexity among the various features that constitute urban land cover classes were considered to archive the proposed objective. In this perspective image enhancement techniques were used to highlight features of interest and expose subtle differences in the spectral signature of the components of the target. Some of these techniques involve selecting the best band combination while other techniques consider to improve contrast between features in a well defined spectral range. Automatic classification techniques were evaluated in function of the similarity among the present objectives in these spaces.

**Keywords:** digital image processing, urban areas, Feira de Santana

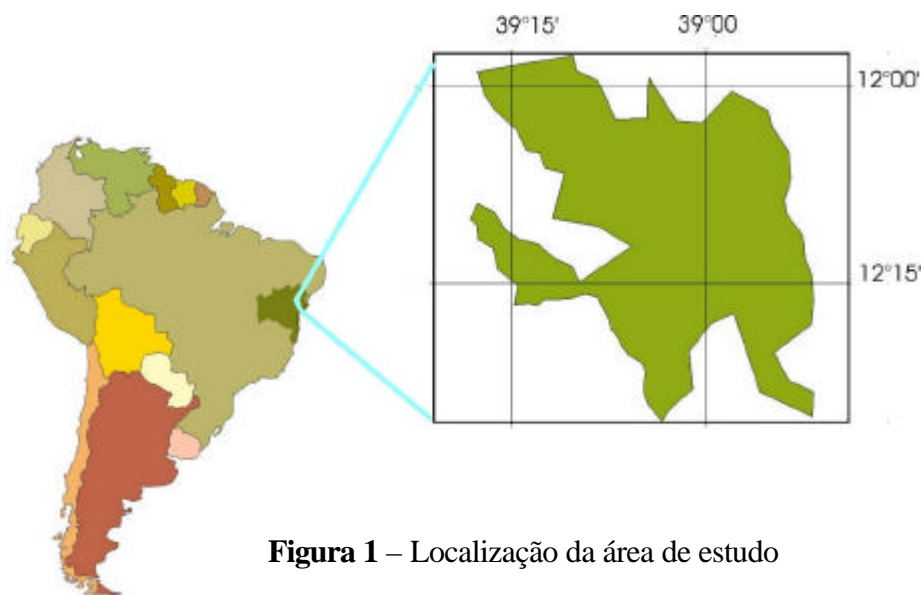
### 1- Introdução

O Sensoriamento remoto tem sido utilizado com maior frequência, na atualidade, para a obtenção de dados e informações extremamente significativos sobre o espaço geográfico. A quantidade de informações possíveis de se obter e abstrair a partir de imagens de satélites é muito grande, o que dá a dimensão da importância dessa tecnologia para a ciência geográfica.

Diante da forma extremamente dinâmica que as inúmeras transformações ocorrem no espaço geográfico, torna-se de fundamental importância a utilização de novas tecnologias para a aquisição e atualização das informações sobre o meio em que vivemos. E certamente as geotecnologias, uso das imagens de satélites aliados a técnicas de processamento digital de imagens e a sistemas de informações geográficas (SIG), são instrumentos indispensáveis para compreensão do espaço geográfico.

O conhecimento do espaço geográfico atual de Feira de Santana possibilita, através de análise espacial, novos questionamentos sobre a realidade do município, destacando as especificidades que a diferencia de outros locais. Pretende-se contribuir para evidenciar a importância da utilização de imagens de satélites como instrumento cartográfico, através da discussão das técnicas de processamento digital de imagem, demonstrando possibilidades de proceder análises geográficas para diferenciar áreas urbanas e não-urbanas no município de Feira de Santana-BA.

A área de estudo localiza-se na zona limítrofe entre o semi-árido e mata a atlântica, a cerca de 100 km da capital entre as coordenadas 38°51'23''WG e 39°18'32''WG de longitude e 11°57'16''S e 12°25'51''S de latitude. Feira de Santana é o maior município do interior do estado da Bahia, com população estimada em 481,137 mil habitantes. (**Figura 1**)



**Figura 1** – Localização da área de estudo

## 2- Material e métodos

Para a realização deste trabalho utilizou-se a cena 216/68 do sensor LANDSAT 7 ETM+, obtida em 05/10/2001, com seis bandas multiespectrais de resolução espacial de 30m e uma banda pancromática com resolução de 15m.

Utilizou-se também, como dados adicionais:

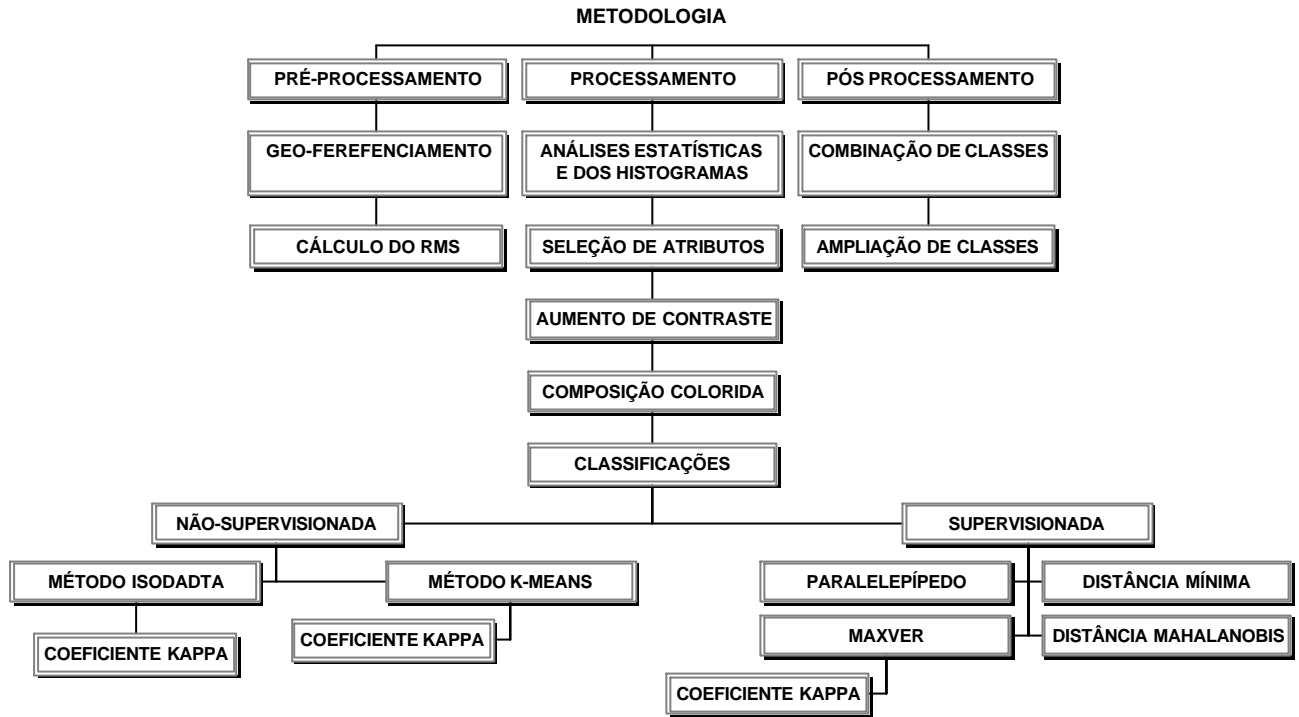
- 1 - o mapa digital dos limites do município (IBGE);
- 2 - a carta topográfica do município de Santo Estevão - SD.24-V-B-III (SUDENE, 1975);
- 3 - mapas de limites, distritos e bairros do município de Feira de Santana, adquiridos junto a Prefeitura Municipal de Feira de Santana, PMFS/IBGE;

O trabalho foi realizado em três etapas distintas:

1. Etapa de treinamento, para aquisição de conhecimentos sobre sensoriamento remoto, em especial processamento digital de imagem e também conceitos diversos relacionados a SIG, GPS, dentre outras geotecnologias;
2. Etapa de campo, para coleta de pontos com GPS para o geo-referenciamento da imagem, e reconhecimento, coleta de informações sobre alvos, registros fotográficos da área de estudo, além de diálogos informais com moradores do município.
3. Etapa de laboratório, para tratamento, organização, digitalização de mapas com o programa CartaLinx; correção e geo-referenciamento dos dados utilizando-se o ArcView da ESRI e o ENVI 3.5 da RSI, e principalmente, no processamento da imagem, também com o programa ENVI 3.5 da RSI.

Várias técnicas foram utilizadas para enfatizar feições e para a extração de dados da imagem. Dentre elas pode-se citar a seleção de atributos, realce, filtragem e classificação.

O fluxograma abaixo demonstra as etapas do trabalho de processamento da imagem de LANDSAT ETM+



### 3- Discussões e resultados

O produto obtido através do processamento digital de imagens, pode variar em função da cena, da área de estudo e dos métodos utilizados. Logo, buscando uma maior acurácia, sistematizamos o processamento digital da imagem em três etapas:

#### 3.1- Pré-processamento da imagem

##### 3.1.1 Correção Geométrica

Foi feito o registro da imagem, através de uma malha de pontos coletadas em campo com GPS, utilizando-se o método polinomial, com reamostragem por meio do algoritmo vizinho mais próximo e ajuste linear.

Para a coleta de pontos foi necessária uma análise detalhada da imagem, localizando pontos notáveis na imagem, de fácil percepção em campo, como: cruzamento de rodovias, pontes, viadutos, áreas urbanas, pois, a seleção dos pontos de controle é decisiva para a qualidade da correção geométrica. Selecionou-se um média de 10 pontos por área de aproximadamente 1000m<sup>2</sup>.

Alguns pontos foram incluídos ou excluídos objetivando reduzir o RMS (erro médio quadrático) que é uma medida do desvio dos valores calculados em relação aos valores originais. O RMS permitido requer que 90% de erros acidentais não devem ser maiores que 1,64% do RMS calculado. (Silva, 1999). Considerando que o RMS total conseguido no registro foi de 0,000271049, que é aceitável considerando a resolução espacial da imagem.

##### 3.1.2 – Recorte da área

Com a finalidade de melhor delimitar o espaço em estudo, sobrepôs-se na imagem um arquivo vetorial com os limites do município de Feira de Santana e adicionou-se a ele uma zona de buffer com 50 pixels o que corresponde a uma área de 750m no entorno, para não se perder de vista essa zona limítrofe. Criou-se assim, uma máscara nas áreas adjacentes.

#### 3.2 – Processamento da imagem

O objetivo foi a seleção de atributos, para a escolha das bandas; o realce, para a melhor discriminação das informações contidas na imagem e a classificação para a construção do mapa temático.

### 3.2.1 – Seleção de Atributos

Para a escolha da composição colorida, no sistema RGB, que melhor evidenciasse a enorme variedade de objetos presentes na área em questão, já que o recorte espacial contém feições bastante heterogêneas, onde a confusão espectral está presente de forma marcante, por se tratar de uma área com elementos urbanos e não-urbanos. Para esta seleção avaliou-se cada banda individualmente com base na tabela de variância e covariância das bandas TM (**Tabela 1**), onde a maior valor de variância é dado pela banda 5, logo, esta banda apresenta uma maior variação nos níveis de cinza, conseqüentemente possui maior capacidade de discriminação dos alvos constantes da cena em estudo.

Ainda, na busca da seleção dos atributos que melhor atendam ao objetivo proposto, analisou-se a matriz de coeficientes de correlação entre as bandas (**Tabela 2**), onde os menores valores indicam a menor correlação e portanto maior quantidade de informações. Assim, analisando esses dados estatísticos, as menores correlações, são da bandas 4/7 e 3/4.

**Tabela 1** - Matriz de variância-covariância das bandas TM. A diagonal principal representa a variância e os valores vizinhos a covariância

Banda	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 7
1	93,018					
2	92,589	101,906				
3	129,492.	142,957	228,184			
4	51,081	66,954	52,371	173,018		
5	168,670	191,689	293,100	146,876	564,117	
7	154,565	170,471	286,519	55,307	441,710	419,915

**Tabela 2** – Matriz de coeficientes de correlação entre as bandas

Banda	Banda1	Banda2	Banda3	Banda4	Banda5	Banda7
1	1.000.000					
2	0.950	1.000.000				
3	0.889	0.937	1.000.000			
4	0.403	0.504	0.263	1.000.000		
5	0.736	0.799	0.817	0.470	1.000.000	
7	0.782	0.824	0.926	0.205	0.908	1.000.000

Considerando que inicialmente estaríamos trabalhando com 6 bandas, e três canais R G-B, as possibilidades de combinações se multiplicam, tornando difícil testar todas as combinações possíveis.

Visando otimizar o processo de escolha das bandas com menor correlação, realizou-se uma análise estatística dos valores digitais, através do cálculo do OIF- Optimum Index Factor, desenvolvido por *Chavez Jr. et al.* (1982) em todas as seis bandas do LANDSAT/TM. O OIF calcula a melhor combinação entre as três bandas a ser usada em uma composição colorida. Quanto maior o OIF, menor será a correlação entre as bandas e, conseqüentemente melhor a composição colorida. Os resultados obtidos foram comparados a análise visual das cinco primeiras combinações entre as bandas obtidas com o OIF (**Tabela 3**).

**Tabela 3** – Melhores valores dos índices calculados para as diferentes composições entre as bandas multiespectrais

Combinações	OIF	rank	rank visual
04/05/07	41,78	1	4
03/04/07	40,91	2	2
03/04/05	39,61	3	1
01/04/07	36,07	4	5
01/04/05	34,61	5	3
02/04/07	33,08	6	
02/04/05	31,54	7	
01/03/04	30,06	8	

Considerando as oito primeiras combinações, obteve-se resultados diferentes, onde o OIF aponta as bandas 4-5-7, e o rank visual a 3-5-4.

Para reforçar os resultados confeccionou-se scattergramas (histogramas bi-dimensionais), com as bandas 7-4, 7-5, 3-7, 3-4, 5-4 e 3-5. Observou-se nuvens de pontos pouco densas, com formatos indefinidos, havendo um pouco mais de correlação apenas nas bandas 5-7.

Com base nas informações anteriores, selecionou-se inicialmente a banda 5 onde verifica-se que há uma maior variação de níveis de cinza (**tabela 1**), e com o índice aplicado ela volta a se destacar, demonstrando pouca correlação no triplete de bandas com a banda 4 e 7 no OIF, e 3-4 no rank visual (**tabela 3**).

Testou-se visualmente apenas as cinco primeiras colocações contidas na tabela 3, para os três canais e embora confirmando a validade dos resultados do índice, escolheu-se a banda 3, que fica em terceiro lugar no rank do IOF, pois esta banda contém grande reflectância da área urbana, onde seus pixels possuem valores elevados, podendo-se assim melhor diferenciar dos demais elementos, visto que a separação entre o urbano e o não-urbano é o objetivo principal.

A banda 4 foi selecionada por estar presente nos primeiros ranks o OIF e do visual; por estar pouco correlacionada com a banda 3 (**tabela 2**) e por possuir elevados DN nas áreas não-urbanas. Percebe-se claramente que os testes de composição podem ser otimizados mais que não deve-se dispensar a análise visual, pois o objetivo do trabalho deve estar sempre em foco.

A composição 4-5-3 RGB foi selecionada para o trabalho considerando dois fatores principais. Em primeiro lugar a pouca repetição de informações espectrais das bandas selecionadas. Em segundo lugar por considerar a complexidade dos elementos urbanos que são refletidos na imagem, sua confusão espectral com outros no seu entorno. A banda 3 foi colocada no canal B (blue) azul por saber que o olho humano diferencia melhor os tons azuis colocou-se a banda 3 (que reflete mais a área urbana), ou seja, possuem elevados DN (Crosta, 1992). A banda 4 no canal vermelho, já que reflete melhor a vegetação que é um dos principais elementos das áreas não urbanas.

### 3.2.2 Realce da imagem

Para produzir aumento de contraste entre as bandas foram realizados alguns tratamentos como: a) ajuste de contraste linear a 2% nos histogramas de cada banda; b) aplicação de filtros tipo passas altas com máscara de 3X3 pixels que serviu para realçar as bordas da imagem, aumentando o seu contraste.

Objetivando, melhorar a resolução espacial da imagem, fundiu-se a composição colorida selecionada com resolução espacial de 30m à banda pancromática de 15m, ampliando assim a resolução final para 15m.

### 3.2.3 - Classificação

Nas classificações não-supervisionadas testou-se os métodos K-means e Isodata. Os melhores resultados foram obtido selecionando-se um intervalo de 5 a 10 classes com 10 interações para cada método. Mesmo assim, estes resultados não foram muito significativos, pois ocorreu uma grande confusão espectral, das áreas urbanas com a região localizada a noroeste, das elevações com outras áreas, dentre outras. Além disso, as imagens geradas pelas classificações continham muitos ruídos.

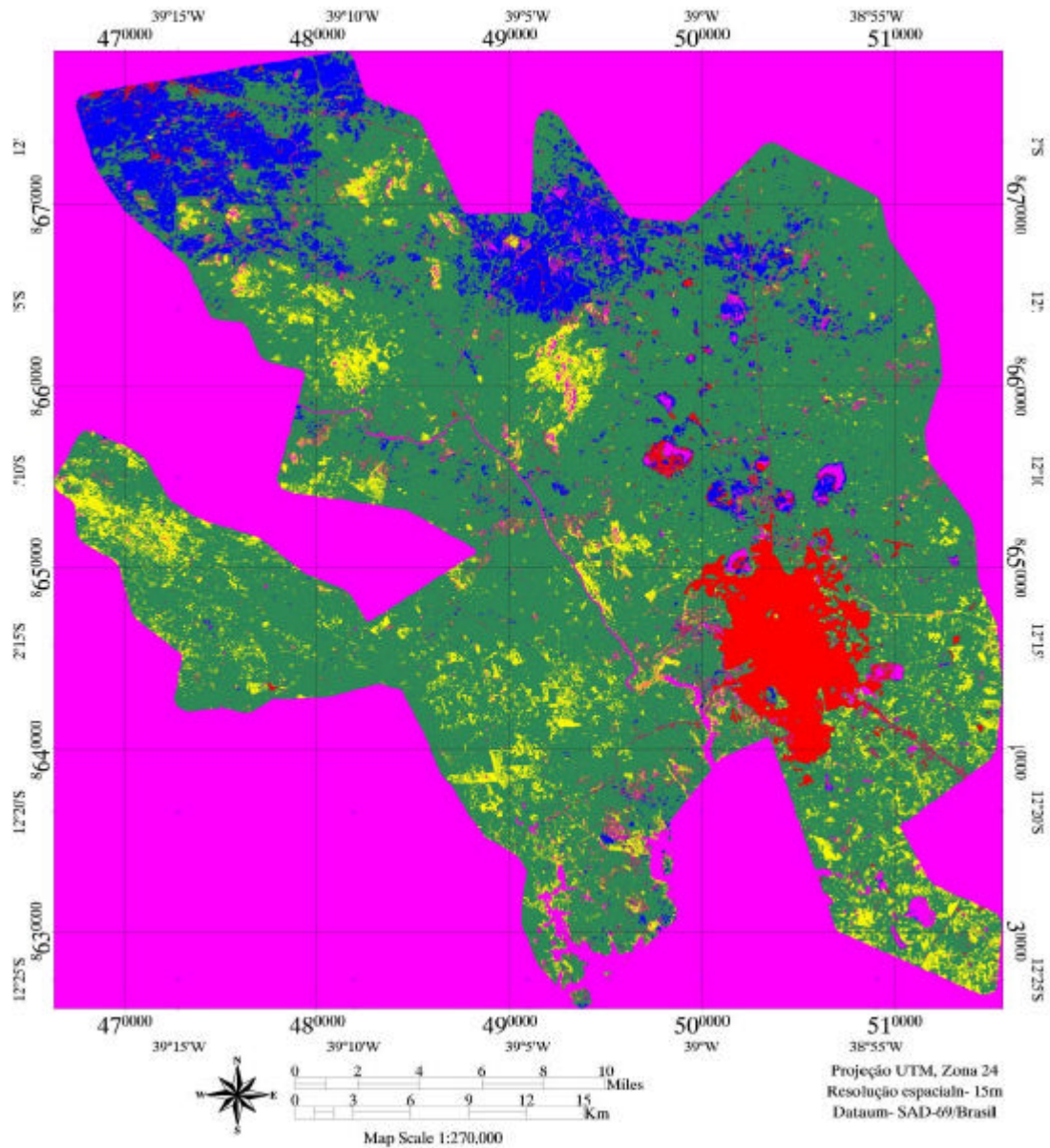
Para validar o que foi constatado visualmente, construiu-se a matriz de confusão, que representa a distribuição de percentagens de pixels classificados de forma correta ou erroneamente (Congalton, 1991 – citado por Moreira, 2001).

O valor da estatística kappa obtido para a classificação não supervisionada pelo método Isodata foi 0,27, e o K-means foi de 0,37, que comparado à tabela desenvolvida por Landis e Koch, 1977, in: Moreira, 2001, que considera a qualidade do mapa temático entre 0,20 e 0,40 “Razoável”. Estes resultados com provam a dificuldade da distinção dos alvos urbanos e não-urbanos na área de estudo. Na classificação supervisionada o resultado foi mais satisfatório. Testou-se diferentes possibilidades para a seleção das áreas de treinamento, com a ajuda dos trabalhos de campo e dos realces aplicados na imagem. A dificuldade maior foi a semelhança entre alguns alvos urbanos e não urbanos, entre as sombras de elevações e os espelhos d’água, entre as lagoas vegetadas e determinadas vegetações. Assim, buscou-se conseguir classes o mais homogêneas possíveis. Inicialmente 6 classes foram selecionadas. Aumentando-se o número de classes para 10 os resultados foram melhores. Passando-se a selecionar 14 classes a confusão foi maior que nas 10 e menor que nos teste com 6. Verifica-se assim que a quantidade de classes não é proporcional aos alvos que se deseja identificar na imagem e que o excesso de classes também pode comprometer o resultado. As classes treinadas para a classificação foram: urbana1, rodovias, rural1, rural2, rural3, elevações, sombras de elevações, espelho d’água, lagoa e lagoa vegetada.

Foram empregados os seguintes métodos de classificação: método paralelepípedo, método distância mínima e o máxima verossimilhança (MAXVER). Com este último método obteve-se os melhores resultados (**Figura 2**).

Mais uma vez para avaliar a qualidade da classificação deste último método, construiu-se a matriz de confusão. O valor da estatística kappa obtido, para o MAVER foi 0,74, que considera a qualidade do mapa temático “Muito boa”. Mesmo assim, vale ressaltar que foi necessária a utilização de ferramentas de pós-classificação para melhorar o resultado obtido.

Algumas confusões visíveis nas classes selecionadas são desconsideradas, pois, no processo de pós classificação, elas são combinadas, como por exemplo: urbana 1 e rodovias; rural 2 e rural 3; lagoas e espelhos d’água. As áreas elevadas foram combinadas com as sombras das elevações e posteriormente ampliadas e/ou reduzidas.



- Área rural indefinida
- Área Urbana
- Área caatinga indefinida
- Área de iselbergues com vegetação rarefeita
- Espelho d'água e área fora do limite municipal

**Figura 2** – Imagem classificada pelo método MAXVER e pós-classificada com ampliação e redução de classes

### 5 – Considerações finais

Há duas formas, normalmente complementares, de se obter informações de uma imagem orbital: analisando quantitativamente cada pixel, com auxílio de um computador ou por meio da análise visual da imagem, com base em técnicas de fotointerpretação. Entretanto, há sempre a necessidade de se realçar os elementos presentes na imagem, ou seja, torna-se

necessário a utilização de técnicas que possibilitem ampliar a quantidade de informações que podem ser interpretadas visualmente ou automaticamente. Para isso deve-se ter sempre em mente o objetivo a ser alcançado.

No caso específico desta imagem, nosso maior desafio foi a separação de áreas urbanas e não-urbanas. As áreas urbanas em geral apresentam uma aparência heterogênea, pois há uma grande variedade de elementos, em função da sua própria natureza. As cidades possuem, asfalto, ferro, vegetação, concreto, algumas vezes cobertura de água (rios ou lagoas), etc., logo, sua interpretação só é possível através de algumas generalizações. Entendendo que as formas, materiais e tipos de coberturas diferentes influenciam a reflectância, a discriminação de áreas urbanas torna-se um fator limitante às classificações, pois a informação espectral pode ser parecida com a de solos puros ou áreas agrícolas, os quais são caracterizados por um aumento regular da reflectância no intervalo do ultravioleta até o infravermelho próximo. O aumento da reflectância causado pelas áreas urbanas não parece tão regular como aquele provocado pela vegetação ou pelos solos. Assim a dificuldade dessa separação já era prevista.

A área de estudo possui algumas especificidades, que devem ser ressaltadas, como por exemplo a grande quantidade de chácaras de pequenas extensões territoriais, localizadas principalmente na parte Norte da área urbana, com grande quantidade de vias de acesso e visualmente similar às áreas urbanas. Este fator limitou significativamente as classificações não supervisionadas, e exigiu algumas habilidades na hora da separação das áreas de treinamento.

Outra particularidade a ser mencionada é a presença de lagoas, que possuindo espelho d'água foi inicialmente bem classificada, mas, estando coberta de vegetação confundiu-se a com áreas rurais.

Como o objetivo principal era separar o urbano e rural, o resultado se mostrou satisfatório, principalmente por ter conseguido separar bem as áreas de pequenas chácaras da área propriamente urbana. Foi necessário criar maior número de classes de acordo com a reflectância e às informações de campo.

Outras combinações de tamanhos e disposições de amostras, além de outras técnicas de classificação podem ser empregadas, a exemplo da técnica de segmentação de imagens. Mas, observa-se que, apenas utilizando-se das técnicas de realce, foi possível obter uma imagem facilmente interpretável. As classificações automáticas otimizaram o processo, podendo-se dessa forma gerar um mapa temático de boa qualidade, delimitando o urbano e o rural, elevações, espelhos d'água e distinguir-se duas áreas rurais distintas em função do tipo de vegetação/solo.

## Referências

- CHAVES, Joselisa Maria. Caracterização de litotipos com base em dados de radar de abertura sintética e sinergismo radar/sistema óptico. Tese de doutorado. Brasília-DF: UNB, 2002
- CROSTA, Álvaro P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas-SP: IG/UNICAMP, 1993
- MENESES, Paulo Roberto e et. al., Introdução ao Processamento de Imagens Digitais de Satélites e Sensoriamento Remoto. Brasília-DF: UNB, 1995
- MENESES, Paulo Roberto, ROSA, José Wilsom Corrêa. Processamento de Imagens de Satélites de Sensoriamento Remoto. Brasília-DF: UNB, 2001
- MOREIRA, Maurício Alves. Fundamentos de Sensoriamento Remoto. São José dos campos-SP: INPE, 2001
- SILVA, Ardemirio Barros. Sistemas de Informações Georeferenciadas: conceitos e fundamentos. São Paulo: Unicamp, 1999
- Manual do ENVI: [www.Sulsoft.com.br](http://www.Sulsoft.com.br), 2002