

# **Integração do sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG) para identificação, mapeamento e classificação do uso da terra e cobertura vegetal numa parte do Agreste Paraibano no Brasil**

Harendra S. Teotia<sup>1</sup>  
George do Nascimento Ribeiro<sup>1</sup>  
Paulo Roberto Megna Francisco<sup>1</sup>

1. Universidade Federal da Paraíba – UFPB/CCA  
Laboratório de Sensoriamento Remoto e SIG (LSRS)  
Cep 58397-000, Areia - PB, Brasil  
teotia@terra.com.br; paulomegna@ig.com.br;

**Abstract.** The integration of remote sensing and geographical information systems (SIG) has a great significance in the study and preservation of the natural resources, such as Soil and Land. The present study was carried out over a part of the Agreste region of the state of Paraíba. The area covered by the Puxinanã and Pocinhos municipalities was mapped through the technologies of remote sensing and SIG for land use and land cover classification at a scale of 1:100.000. The Landsat-TM/5 data of 3 bands color composite (3,4, and 5) of May 8, 2002 were analyzed using the ERDAS Imagine software for supervised classification (maximum likelihood classification) and finally 08 classes covering an area of 330 Km<sup>2</sup>, were derived: 1. Water bodies and humid areas, 2. Caatinga forest-1, 3. Caatinga forest-2, 4. Traditional agriculture land, 5. Pasture land, 6. Substantial agricultural land, 7. Rock- outcrops and urban land, and 8. Barren land. The overall accuracy assessment was found approximately 81.02%, which indicates an excellent performance of the classification. The identified classes, such as agriculture and grazing lands, require an intensive natural resources management for these classes. The principal limitations of traditional agriculture, pasture, and substantial agriculture classes require water management program for their development. The presence of rock-outcrops and the susceptibility of water erosion are also encountered in these classes. The caatinga-1 and caatinga-2 classes are recommended, especially for the preservation of fauna and flora, or if possible, the sustainable use of natural resources of the Agreste region of the Paraíba state of NE Brazil.

**Palavras-Chave:** image processing, natural resources, caatinga, erdas imagine; processamento de imagens, recursos naturais, caatinga, erdas imagine.

## **1. Introdução**

O desenvolvimento agrícola, principalmente a nível regional, depende principalmente do manejo adequado e sustentável dos seus recursos naturais, sendo assim, torna-se essencial que mais estudos sejam direcionados com esse objetivo. Com o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da utilização de imagens multiespectrais, mediante o emprego da análise digital (processamento digital das imagens), tem sido possível obter uma quantidade significativa de informações relacionadas com os mais variados campos do meio-ambiente. Através de estudos competentes e detalhados dos recursos naturais da região semi-árida do estado da Paraíba, em especial da região Agreste, melhores práticas de manejo e melhor planejamento poderão ser utilizados, contemplando, assim, tais áreas que demonstram situações problemáticas. No presente estudo a ser desenvolvido abrange partes das regiões do Agreste Paraibano, referentes aos municípios de Puxinanã e Pocinhos, e tem como principal objetivo o mapeamento do uso e da cobertura da terra através de sensoriamento remoto e geoprocessamento, para dar suporte ao planejamento e utilização racional dos recursos naturais disponíveis regionais.

## **2. Revisão Bibliográfica**

O advento do sensoriamento remoto surgiu como uma alternativa viável técnica e econômica, para levantamento e classificação de cobertura vegetal e uso da terra, pois alia, de acordo com Veloso Junior (2003), a rapidez e precisão a um custo relativamente baixo, muitas vezes não necessitando de pessoal qualificado tal como pedólogos. Fernandes et al. (1999) consideram uma tecnologia adequada o uso do satélite Landsat-/TM-5, em estudos de avaliação de aptidão agrícola das terras, pois as imagens adquiridas mediante a aquisição da cena do satélite fornecem boa fonte de dados para extração de informações.

De acordo com Dalmolin et al. (2005), solos de textura arenosa apresentam maior reflectância devido a sua constituição mineralógica (quartzo), e ao fato de apresentarem baixos teores de matéria orgânica, óxidos de ferro e menores teores de água. Marsh et al. (1990), utilizaram a tecnologia do sensoriamento remoto combinada com o Sistema de Informações Geográficas (SIG) para mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal para a região Walo do Senegal, África. De acordo com Teotia et. al (2003) trabalhando com uma imagem SPOT/HRV, que recobre um setor do semi-árido paraibano, devido às características espectrais e de resolução espacial, o canal 3 revela-se com uma adequada discriminação entre os recursos, mostrando diferenças nítidas entre as classes de solos e os tipos vegetacionais, e ainda, os corpos de água.

No estudo da evolução do uso da terra em Botucatu-SP, Campos et.al. (2004), demonstraram que o sistema de informações geográficas que foi utilizado para as análises, mostraram-se eficientes para auxiliar na identificação e mapeamento das áreas com uso da terra, facilitando o processamento dos dados.

## **3. Metodologia de Trabalho**

### **3.1 Área de estudo**

A região de estudo está localizada na mesorregião do Agreste paraibano, que compreende as microrregiões de Campina Grande e do Curimataú Ocidental, onde estão situados, respectivamente, os municípios de Puxinanã e Pocinhos. O ambiente de estudo apresenta altitudes que variam de 709 a 539 metros e tem como coordenada geográfica central 7° 09'S e 35° 03'W (IBGE, 2000). A área de estudo é parte da zona fisiográfica da Paraíba "Borborema Central".

### **3.2 Materiais usados para pesquisa**

- 1) Imagem do satélite Landsat - TM/5, cena obtida na data de 08 de maio de 2002, composta por três bandas espectrais: 3, 4, e 5, órbita ponto 265/16.
- 2) Os materiais científicos cartográficos utilizados foram: Folha SB.24-Z-D-III SOLEDADE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, 1972 e 1970) na escala de 1:100.000.
  - a. Mapa de solos das regiões do Agreste e Cariri paraibano na escala de 1:100.000
  - b. Mapa de solos do estado da Paraíba (Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e Minerais - SEMARH, 2004) na escala de 1:400.000
  - c. Mapa de solos do estado da Paraíba (Brasil, 1972) na escala de 1:500.000
  - d. Mapa geomorfológico do estado da Paraíba (IBGE, 2000) na escala de 1.000.000
  - e. Mapa das mesorregiões do estado da Paraíba (IBGE, 2000) na escala de 1:500.000

- f. Mapa das microrregiões homogêneas do estado da Paraíba (IBGE, 2000) na escala de 1:500.000
- g. Mapa de solo e vegetação da região Agreste na escala de 1:25.000

As redes viárias, drenagem e outros pontos de controle foram conseguidos através das cartas topografias, onde foram anotadas as coordenadas, com auxílio de um GPS, objetivando o ajuste correto da base na imagem.

### **3.3 Fluxograma de automatização**

A análise preliminar das imagens Landsat-TM/5, foi baseada na técnica de identificação dos objetos a partir de análise de certos elementos da imagem, também conhecido como elementos de análise de imagens. A análise foi dividida nas seguintes etapas:

1. Objetivo de estudo pela interpretação automática, tais como uso da terra, irrigação potencial, geologia, solo, ecologia e meio – ambiente;
2. Seleção da área de estudo, por exemplo, (1000 x 1000 pixels) da região em estudo;
3. Seleção do tipo de imagem na forma de cd do Landsat-TM/5;
4. Aquisição de cd do INPE-BR ou Intersat;
5. Transferência dos 1.000.000 pixels do cd para o computador;
6. Seleção de software específico para interpretação, no caso Erdas-Imagine;
7. Classificação não supervisionada (unsupervised classification) para o uso específico tais como, uso da terra e cobertura vegetal;
8. Classificação supervisionada (supervised classification) para o uso específico tais como, uso da terra e cobertura vegetal;
9. Trabalho de campo para coleta das informações e para comparar as unidades de interpretação automática com os dados verdadeiros do campo;
10. Utilização dos critérios de interpretação da United States Geological Systems na qual a interpretação sempre deve ser 85% ou mais;
11. Utilização das estatísticas relevantes (média, desvio padrão, divergência), para a classificação supervisionada (maximum likelihood classification);
12. Utilização de vários tipos de programas para transformações de imagens tais como, linear, não linear e outros;
13. Avaliação de exatidão (accuracy assessment) dos mapas preparados pela interpretação automática;
14. Correção dos mapas digitais geometricamente;
15. Classificação final e preparação dos mapas dos usos e cobertura vegetal da terra;
16. Anotação para fazer legenda e títulos de mapas digitais;
17. Confecção do relatório final com recomendações para os projetos futuros.

### **3.4 Metodologia aplicada**

Os seguintes pontos foram analisados durante a interpretação automática: Formação da composição coloridas; delimitação da área de interesse (AOI) a ser interpretada classificação não supervisionada (unsupervised classification); avaliação da classificação não supervisionada; definição das cores para as classes exibidas na opacity; elaboração dos mapas temáticos.

### **3.5 Classificação Supervisionada**

Definição das assinaturas; usando as ferramentas do AOI para colecionar as assinaturas; escolha de pixels semelhantes (neighborhood options); coleta da assinatura “água” através do create feature space image; posicionamento do cursor através do image/feature space cursor linking; definição das assinaturas (feature space signature); ferramentas para avaliação das assinaturas.

### **3.6 Avaliação da Classificação**

No processo de avaliação foram gerados 250 pontos aleatórios na imagem classificada. Estes pontos constituíram-se como referência e, por essa razão, foram comparados com as classes definidas.

## **4.Resultados e discussão**

A partir dos dados analisados, apresentam-se a seguir as considerações mais importantes obtidas com base na análise visual e por interpretação de campo de uma imagem de satélite, usada nesse estudo. Através da análise digital da imagem multiespectral obteve-se:

- I. Classes identificadas;
- II. Chave de fotointerpretação;
- III. Mapa digital pelo método de classificação supervisionado;
- IV. Caracterização dos estratos/classes definidas;
- V. Precisão da classificação;
- VI. Estatísticas Kappa.

### **4.1 Classes Identificadas**

A partir dos dados obtidos nas observações de campo e com os agricultores, além de informações socioeconômica local, associada à interpretação da imagem, foram identificadas 08 (oito) classes de uso da terra e cobertura vegetais, assim distribuídas: 1. água/áreas úmidas (azul), 2.caatinga-1 (verde musgo), 3.caatinga-2 (verde claro), 4.agricultura tradicional (marrom), 5.pastagem (cinza), 6.agricultura de subsistência (laranja), 7.aflorentos rochosos/área urbana (amarelo), 8.solos desnudos (branco).

### **4.2 Chave de fotointerpretação**

Por critério de fotointerpretação, foram utilizadas algumas metodologias citadas por Moreira (2004), tais como tonalidade, cor e textura. Outras metodologias serviram como suporte na classificação como padrão de drenagem, sombra, tamanho e forma.

### **4.3 Mapa digital gerado pelo método de classificação supervisionado**

A caracterização das classes anteriormente citadas foi obtida pelo método de classificação supervisionada, cuja legenda fora definida levando em consideração a estratificação realizada por Ferreira (2001). Mediante a análise digital da imagem multiespectral do satélite Landsat, através do Software Erdas Imagine e do programa Map detalhado e que recobriu uma área de aproximadamente 330 Km<sup>2</sup> (Figura-1).

### **4.4 Caracterizações dos estratos/classes definidas**

#### **4.4.1 Classe 1: Água/Áreas úmidas**

Corresponde a todos os reservatórios de água naturais ou artificiais. As áreas úmidas, geralmente se apresentam próximas aos reservatórios de água e dos cursos naturais dos rios ou

acompanhando a rede de drenagem local. A distribuição espacial dessa classe é 3% da área de estudo. A distribuição da área total é 9,90 quilômetros quadrados.

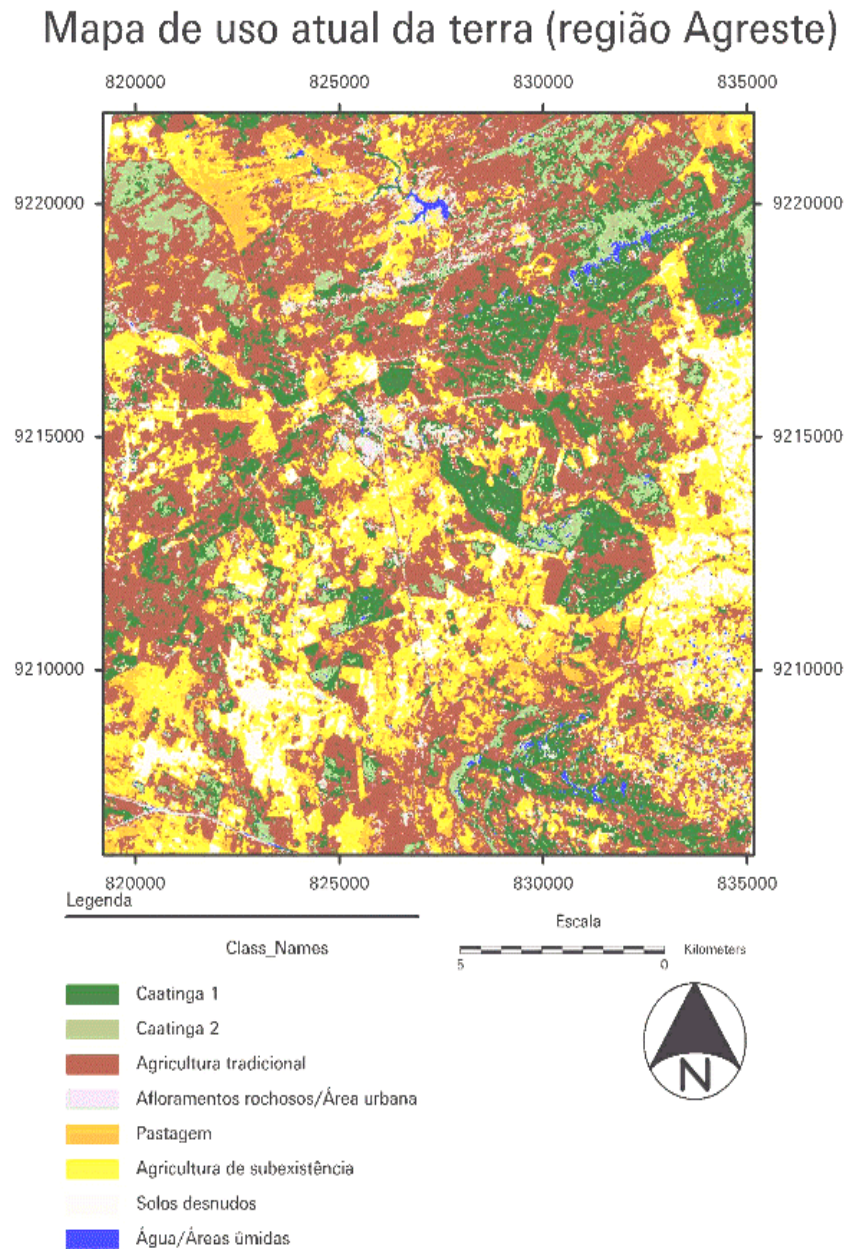


Figura 1. Mapa temático da distribuição espacial do uso e da cobertura da terra em áreas do Agreste Paraibano.

#### 4.4.2 Classe 2: Caatinga 1

Esta classe foi apresentada como vegetação de Caatinga Hiperófila arbustiva-arbórea contínua. Esse estrato é caracterizado por indivíduos que apresentam porte variável em torno de 3 a 4,5 metros. Apresentam-se em solos rasos, com alto grau de pedregosidade, presença de

afloramentos de rocha, matacões e calhaus. A distribuição espacial dessa classe é 15% da área de estudo. A distribuição da área total é 49,50 quilômetros quadrados.

#### **4.4.3 Classe 3: Caatinga 2**

Esta classe foi apresentada como sendo vegetação de Caatinga Hiperxerófila arbustiva-arbórea descontínua ou aberta. Esse estrato é caracterizado pela presença de indivíduos com porte médio entre 2 e 3 metros com cobertura razoável do solo. Boa parte dessa área é utilizada para pecuária extensiva, caprina e bovina. A distribuição espacial dessa classe é 8% de área de estudo. A distribuição da área total é 26,40 quilômetros quadrados.

#### **4.4.4 Classe 4: Agricultura tradicional**

Este tipo de agricultura é praticado por pequenos e médios produtores que utilizam práticas agrícolas tradicionais. Esta classe é distinguida de acordo com o alto grau de uso da terra por dois tipos de cultura, a palma forrageira e o sisal, que já estão arraigadas na cultura tradicional da população do semi-árido nordestino. A distribuição espacial dessa classe é 21% da área de estudo. A distribuição da área total é 69,30 quilômetros quadrados.

#### **4.4.5 Classe 5: Pastagem**

A maior parte dessa área é aproveitada com pecuária extensiva bovina e caprina, utilizando nessa área pastagens de gramíneas e leguminosas espontâneas. Um dos fatores limitantes para esta classe identificada está na presença de pedregosidade em alguns locais, o que impede a mecanização agrícola. A distribuição dessa classe é 16% da área de estudo. A distribuição da área total é 52,80 quilômetros quadrados.

#### **4.4.6 Classe 6: Agricultura de subsistência**

Nesta classe, toda e qualquer atividade agrícola praticada apenas com a finalidade de subsistência do produtor, em que se existir sobras e ser comercializada, o valor deste bem é utilizado para a complementação da alimentação com produtos que o indivíduo não tem capacidade de produzir, é caracterizado como agricultura de subsistência. A distribuição dessa classe é 18% da área de estudo. A distribuição da área total é 59,40 quilômetros quadrados.

#### **4.4.7 Classe 7: Afloramentos rochosos / Área urbana**

Em virtude da homogeneidade espectral apresentada por esses dois alvos da superfície de estudo, a área urbana foram observadas algumas espécies vegetais, junto com os afloramentos rochosos e presença de cactáceas, mas a área com afloramentos de rochas caracterizam-se pela exposição de elevações de rochas isoladas. A distribuição dessa classe é 7% da área de estudo. A distribuição da área total é 23,10 quilômetros quadrados.

#### **4.4.8 Classe 8: Solos desnudos**

Os solos desnudos são áreas onde o estrato florestal encontra-se modificado, como consequência da utilização desordenada da vegetação nativa regional para utilização em

atividades antrópicas tais como a pecuária extensiva bovina e capina. A distribuição espacial dessa classe é 12% da área de estudo. A distribuição da área total é 39,60 quilômetros quadrados.

#### 4.5 Precisão da classificação

O seguinte quadro 1 apresenta a matriz de erro para a classificação supervisionada da imagem multiespectral relativa ao ano de 2002. A menor precisão foi obtida para a classe representada pela agricultura tradicional (50,00%).

Quadro 1: matriz de erro da imagem multiespectral de 2002

Classes	Referência total	Classificação total	Números corretos	Produção acurácia%	Acurácia do usuário%
1	2	2	2	100,00	100,00
2	21	21	20	95,24	95,24
3	20	16	15	75,00	93,73
4	6	4	3	50,00	75,00
5	24	16	13	54,17	81,25
6	66	73	61	92,42	83,56
7	17	9	9	52,94	100,00
8	94	100	92	97,87	84,40
Média Geral da Classificação (Overall Classification Accuracy)				86,60%	

#### 4.6 Estatística KAPPA e Nível de Concordância

De acordo com os dados apresentados no quadro 2, as classes que apresentaram menores índices **KAPPA** foram: agricultura tradicional (74,39%), solos desnudos (75,01%), agricultura de subsistência (77,67%) e pastagem (79,26%), em ordem crescente. mesmo com essa variação da estatística kappa, estas classificações se enquadraram no nível de concordância muito boa, demonstrando que mesmo com alguns erros de comissão e omissão apresentados para algumas classes, o mapeamento da imagem pela técnica supervisionada se apresentou satisfatório.

Quadro 2: Estatística KAPPA, por classe e geral, para o mapa confeccionado pela classificação supervisionada

Classes	Valores de Kappa%	Nível de Concordância
1. Água/Áreas úmidas	100,00	Excelente
2. Caatinga 1	94,80	Excelente
3. Caatinga 2	93,21	Excelente
4. Agricultura tradicional	74,39	Muito boa
5. Pastagem	79,26	Muito boa
6. Agricultura de subsistência	77,67	Muito boa
7. Afloramentos rochosos / Área urbana	100,00	Excelente
8. Solos desnudos	75,01	Muito boa
<b>Média geral</b>	<b>81,02%</b>	<b>Excelente</b>

A estatística Kappa apresentou uma média geral para as classes identificadas em 81,02%, demonstrando uma boa precisão para método de classificação trabalhada a supervisionada.

## 5. Conclusões

1. Para o estudo e mapeamento do uso atual e cobertura da terra em região de transicional como é o caso do Agreste paraibano, a tecnologia de sensoriamento remoto e SIG utilizadas nesse trabalho mostraram-se adequadas. O levantamento de campo, com descrições fisionômicas simples, resultou numa caracterização confiável dos pontos amostrados, bem como otimizou o tempo e os recursos disponíveis.
2. Nas classes identificadas do uso agropecuário, o levantamento proposto comprovou a situação atual, demonstrando que necessitam de manejos adequados e pontuais dos seus recursos naturais.
3. As principais limitações referentes às classes definidas passíveis de utilização agrícola que são agricultura tradicional, pastagem e agricultura de subsistência, foram em primeiro plano a escassez de água, a presença de pedregosidade superficial e a susceptibilidade a processos erosivos em alguns locais decorrentes do relevo.

## Agradecimentos

Ao Diretor do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, ao chefe do Departamento de Solos e Engenharia Rural e a coordenadora do Programa de Pós-Graduação de Manejo de Solo e Água.

## Referências Bibliográficas

- Campos, S.; Silva, M; Piroli, E.L.; Cardoso, L.G.; Barros, Z.X. **Evolução do uso da terra entre 1996 e 1999 no município de Botucatu – SP.** In: **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP: v. 24, n. 1, p. 211-218, jan. a abr., 2004.
- Dalmolin, R.S.D; Gonçalves, C.N; Klampt, E.; Dick, D.P.; **Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral.** *Ciência Rural*, Santa Maria-RS: v.35, n.2, p. 481-489, mar-abr, 2005.
- Fernandes, E.N.; Fernandez, Filho; E.L.; Silva, E. **Integração de sistemas de informações geográficas e sistemas especialistas para avaliação da aptidão agrícola das terras em bacias hidrográficas.** *Revista Árvore*, Viçosa - MG, v.23, n.1, p.75-82, 1999.
- Ferreira, L.A. **Levantamento e classificação da vegetação nativa do município de Patos (PB), através de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.** 2001, 70f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água) CCA, UFPB, Areia – PB, 2001.
- Marsh, S.E.; Walsh, J.L.; Charles, F. Hutchinson. **Development of in agriculture land use GIS for Senegal derived from multispectral video Nd photographic data.** In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (ASPRS)*. Falls Church, Virginia. Pp. 315 – 357, 1990.
- Teotia, H.S.; Da Silva, I.F.; Dos Santos J.R.; Veloso Junior, J.R.; Gonçalves, J.L de G. **Classificação da cobertura vegetal e capacidade de uso da terra na região de Cariri Velho (Paraíba), através de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 11*, 2003, Belo Horizonte - MG. Anais... São José dos Campos – SP: INPE, p. 1969-1976, 2003.
- Veloso Junior, J.F. **Mapeamento e análise das alterações do uso da terra e da cobertura vegetal na região da Serra de Teixeira, através de técnicas de Sensoriamento Remoto**, 2003. 69f. Dissertação de Mestrado - CCA, UFPB, Areia – PB, 2003.