

## **Integração de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG/SIT) na preparação de modelo de desenvolvimento da terra para planejamento rural.**

Harendra Singh Teotia<sup>(1)</sup>  
José Ferreira da Costa Filho<sup>(1)</sup>  
João Roberto dos Santos<sup>(2)</sup>  
Leonardo Alves Ferreira<sup>(1)</sup>

(1) Universidade Federal da Paraíba - DSER/CCA/Campus de Areia-PB

e-mail: teotia@terra.com.br

(2) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/DSR

e-mail: jroberto@ltd.inpe.br

### **Resumo**

Imagens obtidas do satélite SPOT, processadas com o software ERDAS, foram utilizadas como ferramenta básica de preparação, através de um Sistema de Informações Geográficas, de mapas temáticos de uma localidade situada na região semiárida do Estado do Piauí (entre os municípios de Jaicós e Picos). Foram obtidos quatro mapas temáticos: de cobertura vegetal/uso da terra, de associação de solos, de capacidade de uso e um mapa de declividade, os quais deram origem ao mapa de aptidão para fins de planejamento e desenvolvimento rural. A cartografia temática utilizando estas imagens SPOT, apoiadas com informações de campo e dados complementares, teve um desempenho médio quanto a exatidão de classificação de 85% naquelas classes de maior definição espectro-textural, porém com variações de 58% a 76% naquelas classes temáticas de maior complexidade fisionômico-estrutural, que se reflete no comportamento radiométrico nas imagens investigadas. De uma maneira geral, os dados SPOT mostraram-se úteis para estudos relativos ao uso da terra, solos, hidrologia e erosão. A formação de um banco de dados georeferenciados é indispensável na tarefa de cruzamento de informações de diferentes fontes e escalas, como subsídio ao planejamento ambiental de qualquer município da região semi-árida.

**Palavras-Chave:** semiárido, sensoriamento remoto, SPOT, uso da terra, caatinga.

### **1. Introdução**

A agricultura é uma atividade econômica, em grande parte, dependente do meio físico. Um país de grande extensão como o Brasil, é sub-dividido em várias regiões e sub-regiões, por apresentar uma diversidade de solos, clima e de cobertura vegetal. O desenvolvimento agrícola dessas regiões requer profundo conhecimento das condições edáficas, climáticas e da potencialidade da terra para usos específicos com finalidade de regime sustentável. Em certos casos, como das regiões do semi-árido, torna-se ainda necessário o conhecimento acerca do desenvolvimento da terra e irrigação potencial, incluindo suas limitações não somente para avaliação mais exata da terra arável, mas também, para determinar os meios eficazes de desenvolvimento intensivo. Quando se aprofunda o conhecimento sobre as relações entre os componentes de um ecossistema e de seu comportamento, torna-se mais

fácil prever a resultante de intervenções humanas na área. Dessa forma, avaliações do potencial da terra constituem uma etapa importante nos estudos ambientais, que permitem dar subsídios a um planejamento adequado nas tarefas que têm como resultante um zoneamento ecológico-econômico de uma região.

De acordo com Pinto et al.(1989) para que seja possível realizar tais avaliações, com um monitoramento de mudanças rápidas da paisagem pela crescente ocupação humana e suas transformações, é necessário dispor de uma fonte de dados ágil e que satisfaça as necessidades para uma análise eficaz e eficiente. Nesse particular, os dados e técnicas de sensoriamento remoto, especialmente aquelas coletadas em nível orbital (HRV/SPOT, TM/Landsat, ERS 1-2, RADARSAT, JERS-1) tendo como complemento os conhecidos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), são fontes confiável e ágil para se estruturar uma análise da dinâmica de uma dada região (Goodchild et al.,1993). Este compartilhamento de capacidade operativa na aquisição de dados via sensoriamento remoto, com o tratamento, análise e modelagem com uso de SIGs têm demonstrado potencial para a cartografia temática de maneira agilizada e com significativa precisão (Barros Júnior, 2000).

O Sistema de Informações da Terra (SIT) é um instrumento de manuseio de dados da superfície terrestre, que combinado às técnicas de sensoriamento remoto neste vasto campo aplicativo de geotecnologias, torna-se hábil para a solução de problemas complexos no planejamento de recursos naturais. Idealizado para planejamentos regional, local, urbano, demonstra também uma capacidade de harmonizar informações sobre diferentes aspectos como de uso da terra, declividade e relevo, sistemas ambientais, recursos hídricos, zoneamento agroecológico, erosidibilidade, dentre outros. Tomando-se como base o contexto supra-mencionado, realizou-se o presente trabalho com objetivo principal de aplicar tecnologias de processamento de imagens e reconhecimento de padrões (Image Processing and Pattern Recognition) aos dados do sensor HRV/SPOT, para a geração da cartografia temática de uso e cobertura vegetal, associação de solos, capacidade de uso da terra, declividade e aptidão para desenvolvimento da terra, tendo como paisagem de estudo uma região do semi-árido brasileiro.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Caracterização da área de estudo.**

Situada no Estado do Piauí, a área selecionada compreende as coordenadas de 41° 15' a 41° 22'W e 7° 08'a 7° 13'S, mais especificamente localizada nos municípios de Jaicós e Picos. As características específicas e que definem a área de estudo, mostram a predominância de variações nas feições de relevo levemente ondulado a ondulado, precipitação média anual de 664 mm de chuva e temperatura média anual de 26°C, com um condição climática do tipo Bsh, segundo a classificação de Köppen.

### **2.2. Método de análise**

Foram utilizadas imagens em composição colorida (falsa-cor) do HRV/SPOT-1, nas bandas 3, 2 e 1 (R,G,B, respectivamente), cujo tratamento computacional foi elaborado no sistema

ERDAS (Earth Resources Data Analysis System - ERDAS, 1986). Baseado em micro e minicomputadores de PC's, este sistema tem capacidade de análise de dados para 1024 x 1024 pixels de memória, em 16 milhões de cores. Os mapas coloridos podem ser reproduzidos em 4098 cores e padrões. Um sistema de geo-dados pode ser usado no armazenamento de informações sobre uso e cobertura da terra, associações de solos e outras tantas aplicações de cartografia temática.

### **2.2.1. Preparação do modelo**

Nas diretrizes desta pesquisa, vários são os modelos de análise dos recursos da terra que podem ser preparados para integrar os resultados e subsidiar a planificação territorial de uso e manejo de regiões semi-áridas. Considerando o local de estudo, o clima, as condições sócio-econômicas e também o tempo disponível e os recursos financeiros existentes no projeto, optou-se pela preparação de quatro sub-modelos: (a) uso da terra; (b) associação de solos; (c) capacidade de uso da terra; (d) classes de declividade; além de um modelo principal de "aptidão para desenvolvimento da terra". O objetivo principal de cada sub-modelo foi obter conhecimentos temáticos para assegurar um planejamento com visão regional e estadual. Em futuro próximo, os sub-modelos poderão ser usados para práticas de conservação dos solos, podendo sofrer alterações em acordo com características intrínsecas do local, época e orientação política de uso da terra para uma dada região. O modelo principal, por sua vez, foi utilizado para preparação de mapa específicos de desenvolvimento da terra, cujos parâmetros de entrada de dados do modelo estão discriminados na Figura 1.

Figura 1. Modelo de aptidão para desenvolvimento da terra.

### **2.2.2. Fotointerpretação digital**

Para a montagem do modelo em questão, informações básicas sobre uso e cobertura do solo, por exemplo, foram extraídas de dados sensoriados. Assim, a etapa de fotointerpretação digital teve como premissa as seguintes etapas:

1ª. Etapa: seleção do módulo de estudo, baseada no histórico e representatividade da paisagem e suas transformações desta parte do semi-árido, com suporte de material cartográfico disponíveis (mapas topográficos) da SUDENE, fotografias aéreas e imagens HRV/SPOT em condições radiométricas adequadas;

2ª. Etapa: processamento e classificação não supervisionada, empregando as técnicas de minimização de efeitos geométricos e radiométricos da cena investigada e posteriormente a aplicação de algoritmo classificatório em nuvens de pontos, com a estratificação de grupos espectrais de características distintas, respondendo às variações da paisagem investigada. Foram utilizados os programas computacionais do ERDAS como segue: READ, CLUSTR, DISPLAY, COLORMOD, CLASNAM, RECODE, COLORMOD, CLASNAM, ANNOTAT, CLASOVR, BSTATS, LISTIT;

3ª. Etapa: coleta de informações de campo, com 50 pontos amostrados para a devida identificação dos padrões de uso e cobertura do solo, histórico de ocupação da terra,

condições pluviométricas locais, edáficas e geomorfológicas, que permitiram a calibração espectro-textural na fase de identificações dos padrões fotointerpretativos nas imagens orbitais;

4ª. Etapa: seleção das áreas-teste, baseada em metodologia de Teotia et al., (1996), com modificações em função da escala atual de trabalho, que em função da regularidade e ocupação no espaço físico dos padrões da paisagem existentes, permitiram estabelecer três áreas para cada unidade de amostragem;

5ª. Etapa: classificação supervisionada, a partir de amostras de treinamento detalhadas e georeferenciadas em campo, cujo posicionamento foram decisórios no sistema de classificação do ERDAS para a identificação de classes temáticas e seus contornos. Na sequência operacional do pacote computacional foram aplicados: READ, SEED, SIGDIST, SIGMAN, ELLIPSE, CLASNAM, MAXCLAS, DISPLAY, COLORMOD, CLASNAM, ANNOTAT, CLAOVR, RECODE, INDEX, COLORMOD, CLASNAM, ANNOTAT, SCAN, BSTAT, LISTIT.

6ª. Etapa: verificação e avaliação da exatidão, onde a cartografia temática com a estratificação da legenda de classes de uso e cobertura do solo foram investigadas, onde as informações de campo, oriundas das áreas-teste, acrescidas de dados complementares, como de fotografias aéreas, de informações climáticas locais, como aqueles históricos de ocupação do solo, tiveram importância básica no acompanhamento do desempenho do classificar em determinar limites e categorizações da paisagem. Esta análise de exatidão dos mapas gerados pela forma automatizada de tratamento fez uso no ERDAS dos programas: READ, DISPLAY, DIGSCRN, GRDPOL, CLAOVR, CLASNAM, SUMMARY.

### **2.3. Elaboração e integração de mapas temáticos**

Tomando-se por base as informações de referência e os dados coletados nas áreas-teste e a partir da visualização do desempenho classificatório, foram gerados por temas específicos a cartografia de: uso e cobertura da terra, associação de solos e classes de declividade. Mediante o uso de SIG, os dados espaciais de cada tema específico foram transferidos para um banco de dados, com o devido armazenamento em um sistema tentativo de geo-dados e codificação respectiva. O produto da integração espacial dos temas específicos definiram através de análise, um mapa de aptidão da terra para a área investigada.

### **3. Resultados e discussão**

Na Figura 2 é apresentado um mapa de uso e cobertura da terra, cujo conteúdo está baseado em 17 categorias classificadas ao nível II (Tabela 1), conforme sistema classificatório de Anderson et al., (1976). Posteriormente a esta definição temática, mapas de associação dos solos, de capacidade de uso da terra, de classes de declividade e de aptidão (Figuras 3, 4, 5 e 6) foram gerados utilizando uma série de conhecimentos adquiridos em trabalho de campo e dados históricos e cartográficos locais. No caso específico do mapa de aptidão, estão categorizadas: 1) água (water); 2) terras impróprias para agricultura (poor); terras

razoáveis para agricultura (fair); 3) terras boas para agricultura (good); e 5) terras muito boas para agricultura (very good).

Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra.

Figura 3. Mapa de associações de solos.

Figura 4. Mapa de classificação e uso da terra.

Figura 5. Mapa de declividade.

Figura 6. Mapa de aptidão para desenvolvimento da terra.

A precisão dos mapas temáticos foi obtida através de tabulação cruzada dos resultados classificatórios por máxima verossimilhança e aqueles dados obtidos na etapa de campo.

Tabela 1. Categorização do uso e cobertura da terra na região do semi-árido de Jaicós e Picos (Piauí).

<b>Número</b>	<b>Unidade de Mapeamento</b>	<b>Descrição</b>
1	WO	Água límpida (profunda)
2	W1	Água moderadamente profunda
3	W2	Água com sedimentos (rasa)
4	W3	Áreas úmidas
5	SFA	Áreas inundadas
6	UO	Área urbana
7	EFA	Área erodida por enxurrada
8	PDC	Área cultivada com drenagem pobre e erodida
9	PDC1	Área cultivada com drenagem pobre
10	AMC	Área aluvial com cultivo misto
11	CRB	Leito de rio cultivado
12	CRB1	Leito de rio cultivado com densa vegetação
13	SCD	Depressões salinas cultivadas
14	WERM	Áreas rochosas erodidas com vegetação esparsa
15	DCF	Caatinga adensada
16	MDCF	Caatinga moderadamente adensada em relevo ondulado
17	SPC	Caatinga raleada em relevo ondulado e com fraco cultivo

Utilizando vários programas do ERDAS (RECODE, INDEX, ...) com a entrada de informações edáficas e geomorfológicas em cruzamento com o plano de informações do mapa de uso e cobertura da terra, pode-se obter a cartografia de associação de solos, da capacidade de uso da terra, onde os mapas de declividade e relevo também puderam ser gerados e investigados.

A categorização citada na Tabela 1 teve um desempenho médio da ordem de 85% para as classes WO, W1, W2, SFA, EFA, PDC1, AMC, CRB, CRB1, SCD e DCF, enquadrando-se nos limites aceitáveis nesses tipos de trabalho, respeitando-se a complexidade da paisagem e a escala de trabalho (78-100%). Nestas as características intra-classes quanto ao nível

espectral e textural foi mais homogêneo, permitindo contornos mais definidos com as classes vizinhas. No caso das demais classes, o desempenho foi mais reduzido, oscilando entre 58 à 76%, com uma maior heterogeneidade espectro-textural dos pixels intra-classe.

Imagens da área de estudo em diferentes épocas, face a sensibilidade radiométrica dos sensores às variações fenológicas da vegetação natural e mesmo de mudanças de uso da terra, poderiam ser também empregadas para uma melhoria nesta capacidade classificatória. Técnicas de análise de componentes principais, de modelo linear de mistura espectral e mesmo aquelas que fazem uso de imagens-índices de vegetação podem ser investigadas, como forma de avaliar o potencial exploratório dos produtos sensores para regiões do semi-árido, no que se refere a cartografia visando o desenvolvimento racional de uso e ocupação da terra.

#### **4. Conclusões**

As imagens SPOT, com o suporte de informações históricas e trabalho de campo, mostraram-se adequadas na definição de vários parâmetros de entrada para a definição acerca de uso e cobertura da terra, levantamento de solos, hidrologia e erosão, aspectos temáticos estes importantes ao planejamento rural. Dificuldades encontradas no decorrer deste trabalho são resultantes da ação pioneira de pesquisa nesse campo de atuação, porém os resultados ora encontrados em acordo com a metodologia empregada, mostraram-se promissores. Isto fortalece a idéia básica desta integração de dados orbitais e de campo, como uma ferramenta para que a ocupação humana na região (atividades agrícolas, extrativistas e pastoris) possa se adequar às condições intrínsecas do semi-árido em termos de uso e manejo racional da terra.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao DSER/CCA/UFPB, ao INPE e ao CNPq pelo suporte técnico e financeiro e a Agência Espacial Alemã (DLR) pela cessão dos dados SPOT.

#### **Referências Bibliográficas**

ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, P.E. **A land use and land cover classification system for use with remote sensing data.** U.S. Geological Survey. Reston, Virginia. Professional Paper 964. 28 pp.

BARROS JUNIOR, E. **Avaliação multitemporal da atividade antrópica na região de Santa Luzia-PB com o uso de geoprocessamento.** Universidade Federal da Paraíba-Campus de Areia (UFPB/CCA/DSER), 2000. (Dissertação de Mestrado). 66p.

ERDAS. **ERDAS - PC and PC Kit image processing system user's guide.** Advanced Technology Development Center. Earth Resources Data Analysis System, Atlanta, 1986.

GOODCHILD, M.F.; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T. **Environment modeling with GIS.** New York: Oxford University Press, 1993.

PINTO, S.A.;VALÉRIO FILHO, M.;GARCIA, G.J. Utilização de imagens TM/Landsat na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. **R. Bras. Ciência do Solo**, 13: 101-110, 1989.

TEOTIA, H.S.; ULBRICHT, K.A.; CIVCO, D.L. Land use and cover mapping in Paraíba - **CNPQ** Project. The application of Remote Sensing Technology. In: 18 th Congress of **ISPRS. Proceedings**. Viena, 1996. pp. 699-704.

Figura 1

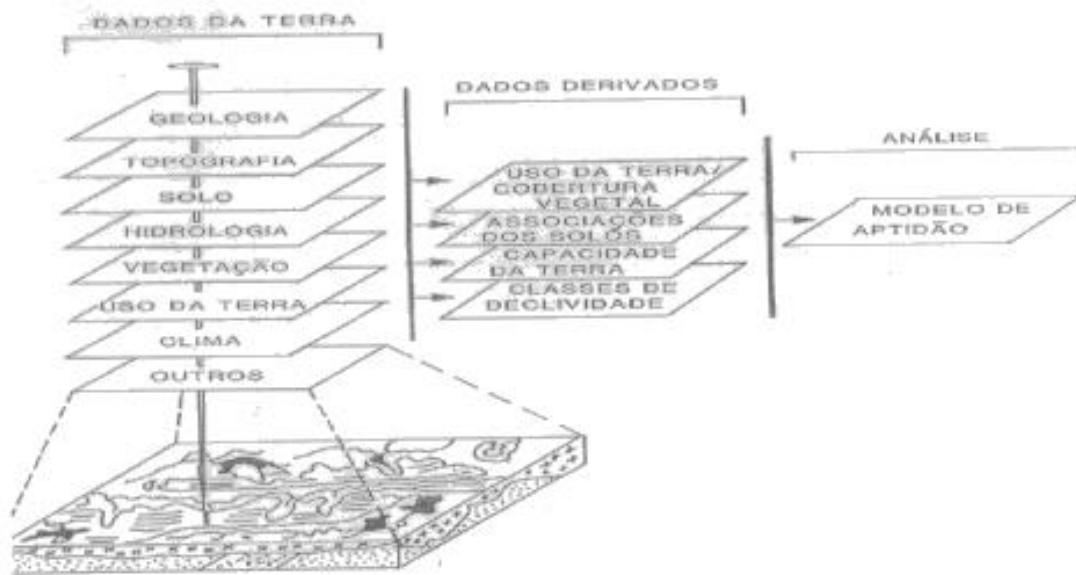


Figura 2

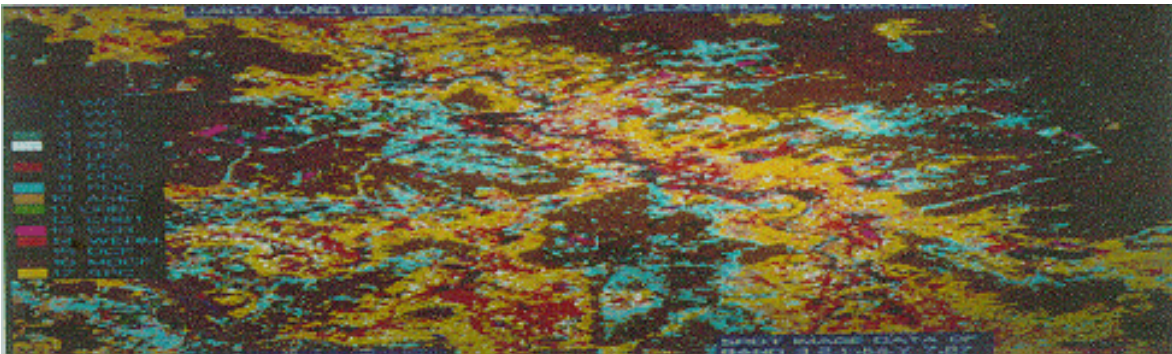


Figura 3

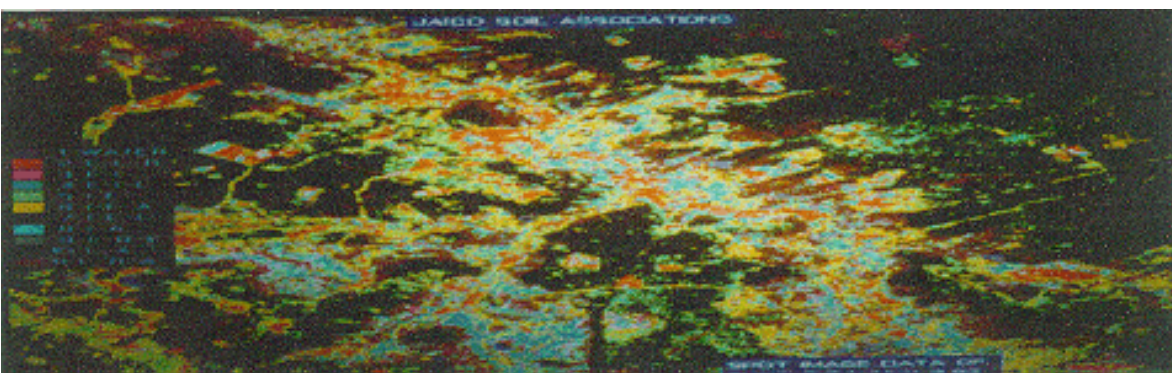




Figura 4

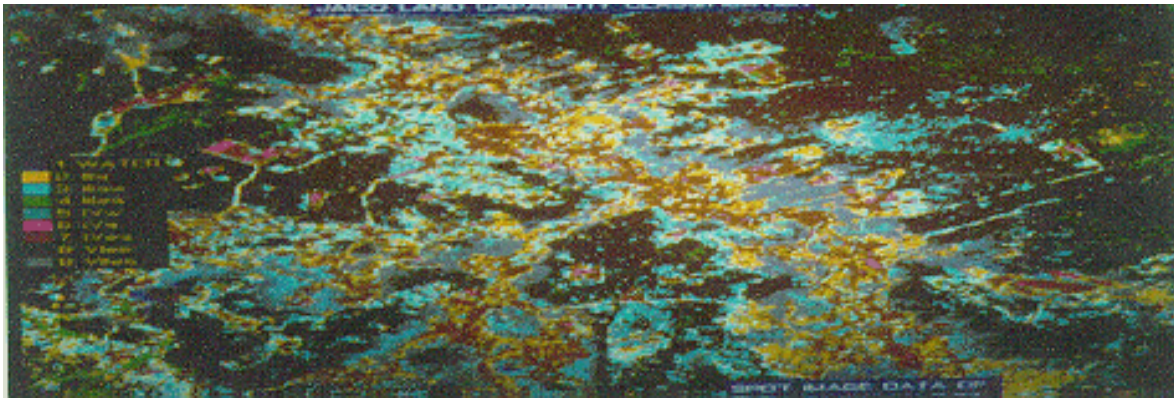


Figura 5

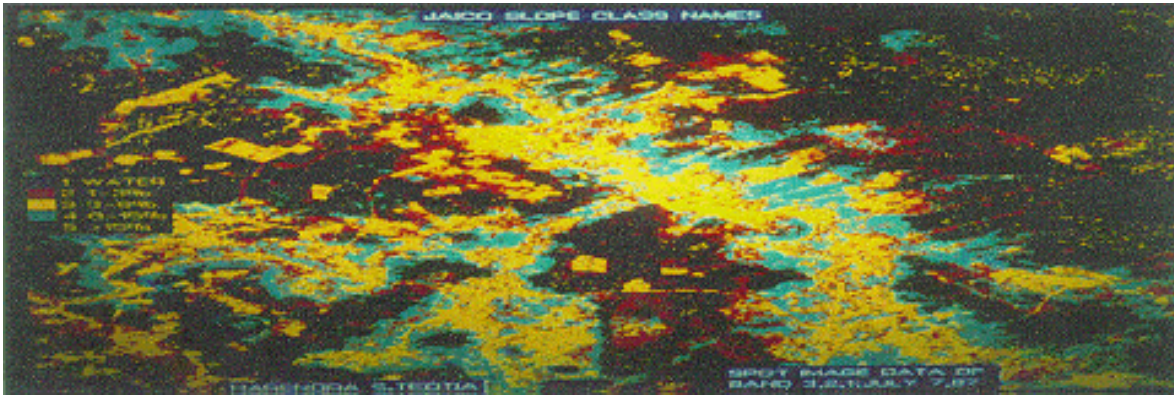


Figura 6

