

## CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E CAPACIDADE DE USO DA TERRA NA REGIÃO DO CARIRI VELHO (PARAÍBA), ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

HARENDRA S. TEOTIA<sup>1</sup>  
IVANDRO DE FRANÇA DA SILVA<sup>1</sup>  
JOÃO ROBERTO DOS SANTOS<sup>2</sup>  
JOSÉ FRANCIMAR VELOSO JUNIOR<sup>3</sup>  
JORGE LUÍS DE GÓIS GONÇALVES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DSER/CCA – Universidade Federal da Paraíba  
Cidade Universitária, Areia – PB, CEP- 58.397-000  
teotia@terra.com.br; ivandro@cca.ufpb.br

<sup>2</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 – 12.201-970 – São José dos Campos – SP  
jroberto@ltid.inpe.br

<sup>3</sup>CPGMSA/DSER/CCA – Universidade Federal da Paraíba  
Cidade Universitária, Areia – PB, CEP- 58.397-000  
junior.veloso@bol.com.br; jlggoncalves@bol.com.br

**Abstract.** The main objective of this study is the better use of our natural resources for a part of Cariri Velho region of Paraíba State (NE of Brazil). Under this investigation, the supervised classification (MAXCLAS) was made using the SPOT images by ERDAS Software and thirteen land use/land cover classes were detected, which further were evaluated by various GIS programs of the software. Finally, six land capability classes were identified with the limitations and sub-limitations of soil and erosion. It was concluded that the SPOT images can be used effectively for the detection and evaluation of land use/land cover classes and land capability classes for the detailed planning, development and management of the semi-arid region.

**Keywords:** Remote Sensing, GIS, caatinga, land use, landcover, SPOT, mapping.

### INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento de uma região tem como ponto inicial o conhecimento dos recursos naturais e dos atores e seus impactos que atuam na área. Na região do semi-árido, tal conhecimento é ainda mais fundamental, pela fragilidade dos solos, dos diferentes gradientes de aridez e de condições micro-climáticas, dentre outros fatores. O necessário aumento na produção de alimentos no Estado da Paraíba é dependente de um zoneamento ecológico-econômico, para um adequado uso e manejo dos recursos naturais. Dentro desse contexto de ampliação do conhecimento de uso e cobertura da terra, situa-se a presente investigação que tem como resultante básica uma cartografia temática sobre um terreno complexo, na região do Cariri Velho (localidade de Sumé) da Paraíba. O tratamento dos dados sensorizados foi realizado por método automatizado (supervisionado), usando imagens do HRV/SPOT e o software ERDAS, pacote computacional de análise de dados existente no Laboratório de Sensoriamento Remoto do CCA/UFPB (Campus de Areia). Dois tipos de informações

(mapas) foram preparados: 1) Uso da Terra/Cobertura Vegetal, 2) Capacidade de uso da terra. Espera-se que este tipo de trabalho contribua no fornecimento de mapa atualizado de cobertura vegetal, que analisado e integrado com mapa de associações dos solos, demonstre a caracterização e distribuição de zonas com variada capacidade de uso da terra, subsidiando um plano de desenvolvimento para a região e inclusive, um programa de reforma agrária governamental nessa região do semi-árido.

## REVISÃO DE LITERATURA

As imagens de satélite e as técnicas de tratamento de dados sensoriados remoto têm permitido o inventário e monitoramento da paisagem, analisando a diversidade de respostas espectrais e texturais que representam as tipologias vegetais e as alterações de uso da terra decorrentes da ocupação humana no tempo. A exemplificação dessa potencialidade para a região do semi-árido é apresentada na literatura, citando-se: Teotia et al., (2001) ao empregarem imagens SPOT/HRV para estudos temáticos do uso da terra/cobertura vegetal e classificação do solo/terra na parte semi-árida do Estado do Piauí (município de Jaicós e Picos) tiveram como resultante, a partir de um banco de dados, a base de um mapa de aptidão para fins de planejamento e desenvolvimento rural; Ferreira et al., (2001) trabalhando com imagens temporais TM/Landsat do município de Patos, onde ocorre ações desordenadas de degradação da cobertura vegetal natural, definiram três estratos representativos de caatinga, concluindo porém, que a vegetação desse município é basicamente arbustiva-arbórea fechada; Maldonado et al., (2001) utilizaram na região de Quixaba (Pernambuco), técnicas de principais componentes em imagens temporais TM/Landsat e rotação espectral controlada para mostrar a viabilidade dessa ferramenta em estudos de detecção de mudanças de uso e cobertura da terra; Costa et al., (2001), analisaram o relacionamento de índices de área da planta (PAI) e índices de vegetação diferença normalizada (NDVI) obtidos de imagens TM/Landsat, através de modelagem empírica, em estudos de fitomassa da caatinga em núcleo de desertificação do Seridó.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Fisiografia da área de estudo

A área de estudo faz parte do Planalto da Borborema Central, situada ao sul do Estado da Paraíba, onde a altitude média é superior a 600m, às vezes atingindo 800m, distribuindo-se geograficamente nas micro-regiões homogêneas dos Cariris Velhos, abrangendo 8 municípios, aí incluindo-se Sumé. O clima é muito quente – semi-árido, com temperatura do mês mais frio superior a 18° C. É comum a ocorrência de caatinga hipoxerófila, floresta tropical caducifólia e pequenas manchas de floresta tropical sub-caducifólia. Geologicamente, a área investigada é parte de zona fisiográfica da “Borborema Central”, onde dois tipos de unidades são encontradas: 1) Pré-Cambriano (CD): Gnaisses e migmatitos e 2) Plutônicas Ácidas: Granitos. Os principais solos encontrados são de Luvisolos Crômicos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelhos, Neossolos Litólicos, Neossolos Regossólicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Flúvicos Sódicos típicos, Neossolos Flúvicos, Nitossolos Vermelhos, Latossolos, Vertissolos, Cambissolos, Vertissolos Cromados segundo a nova classificação (EMBRAPA, 1999), encontrando-se ainda áreas com condições edáficas salinos-alcálicas e também, afloramentos de rochas. As principais atividades de uso da terra estão voltadas aos plantios agrícolas (tomate, algodão, sisal, fava, feijão, milho, mandioca, batata-doce) e pecuária (caprinos).

### Abordagem metodológica

No procedimento metodológico o presente estudo procurou envolver em primeiro plano a disponibilidade de informações temáticas complementares (Tabela 1) e posteriormente, a interpretação digital e um critério de classificação, além de uma etapa de levantamento no campo para reconhecimento de padrões e análise de desempenho interpretativo.

**Tabela 1.** Dados complementares e suas fontes.

Temas	Fontes
1. Uso da Terra	Fotografias de SPOT Satélite, levantamento de campo.
2. Solos	Mapas de solos, relatórios técnicos e levantamento de campo.
3. Topográfica:	SUDENE(Recife), IBGE(João Pessoa)
4. Clima:	IBGE(João Pessoa), CCA/UFPB, EMBRAPA
5. Geologia, Hidrologia	Dept. de Geologia e Hidrologia (UFCG), levantamento de campo
6. Vegetação:	IBAMA(João Pessoa), UFCG (Patos).
7. Meio-Ambiente	IBAMA (João Pessoa), CCEN/UFPB
8. Municipais	Prefeituras e SUDENE
9. Fotografias aéreas	Secretaria de Agricultura (João Pessoa), INCRA

A fonte principal de informações desse trabalho foi a imagem SPOT/HRV no formato digital, bandas 3, 2 e 1, cedidas num acordo com a Agência Espacial Alemã (DLR) e cujo tratamento computacional foi executado no sistema ERDAS (Versão 7.5).

Vários modelos de análise dos recursos da terra podem ser preparados para subsidiar a planificação territorial de uso e manejo em regiões semi-áridas. Em função de certa homogeneidade da paisagem local, das condições econômicas do projeto e tempo disponíveis, optou-se, então, por preparar dois sub-modelos temáticos, fundamentado no uso de: a) uso da terra; b) capacidade de uso da terra. As informações contidas nesses sub-modelos podem subsidiar práticas de conservação do solo, face características locais, além de orientação da política de uso do espaço territorial dessa região do semi-árido. Para tanto, na sequência metodológica foram desenvolvidas as atividades de:

- a) interpretação digital preliminar: a partir das correções geométrica, atmosférica e radiométrica da imagem SPOT/HRV foi efetuada a delimitação da área de estudo e posteriormente aplicado um algoritmo não-supervisionado, para entendimento prévio da paisagem e suas transformações, com a estratificação de grupos espectrais definidos por nuvens de pontos. Nessa fase, programas computacionais do ERDAS foram usados: READ, CLUSTR, DISPLAY, COLORMOD, CLASNAM, RECODE, CLASNAM, ANNOTAT, CLASOVR, BSTATS e LISTIT;
- b) levantamento de campo: para reconhecimento dos padrões de uso e cobertura do solo em pontos amostrais representativos da paisagem, identificados na fase pré-classificatória da imagem SPOT/HRV. Foi feita também uma coleta de dados acerca de condições pluviométricas, edáficas e geomorfológicas locais, que permitiu subsidiar a definição de parâmetros interpretativos e o entendimento no comportamento dos alvos investigado para geração da classificação final da imagem orbital;
- c) interpretação digital final: a partir de uma amostragem de campo, devidamente georeferenciada, áreas de treinamento foram estabelecidas para aplicabilidade de um

algoritmo classificatório supervisionado (*Maximum Likelihood Classifier*), aplicando-se os programas: READ, SEED, SIGDIST, SIGMAN, ELLIPSE, CLASNAM, MAXCLAS, DISPLAY, COLORMOD, CLASNAM, ANNOTAT, CLASOVR, RECODE, INDEX, COLORMOD, CLASNAM, ANNOTAT, SCAN, BSTATS, LISTIT. Para análise da exatidão da classificação fez-se uso dos programas: READ, DISPLAY, DIGSCRN, GRDPOL, CLASOVR, CLASNAM, SUMMARY, contidos no ERDAS. A análise das classes e a legenda temática utilizada está baseada no sistema USGS (Anderson et al., 1976), com modificações de acordo com as condições locais do semi-árido, cuja classificação supervisionada permitiu gerar um mapa de uso e cobertura da terra.

- d) integração de dados cartográficos e temáticos: tomando-se como base as informações de referência, como dados complementares e o mapeamento temático resultante da classificação da imagem SPOT/HRV, armazenados em um sistema de geo-dados com respectiva codificação num GIS, foi elaborada uma integração espacial de planos, cuja análise permitiu a formulação de um mapa de capacidade de uso da terra.

## RESULTADOS

Os resultados de classificação e integração dos vários planos de informações temáticas de uso e cobertura da terra são apresentada na forma tabular (Tabelas 2 e 3) e também, de mapas (Figura 1 e 2), contendo a distribuição espacial dos temas investigados e com a avaliação das terras em termos de capacidade de suporte para planejamento de uso.

**Tabela 2:** Classes de uso da terra e cobertura vegetal (classificação supervisionada) derivadas de imagem SPOT/HRV, usando os programas MAXCLAS e SCAN (MAXMAJOR). Os valores derivados do SCAN estão em parênteses.

Valor	Pixels	%	Descrição
0.	2 (2)	0,0 (0,0)	
1.	6.057 (6.873)	0,61 (0,69)	W1 (água, profunda e clara)
2.	3.086 (3.210)	0,31 (0,32)	W2 (água moderadamente profunda e sedimentada)
3.	6.229 (6.326)	0,62 (0,63)	W3 (água rasa e sedimentada)
4.	25.028 (25.560)	2,50 (2,56)	U1 (área plana e afloramento de rocha)
5.	74.320 (71.741)	7,43 (7,17)	C1 (terra aluvial cultivada e textura grossa)
6.	79.506 (83.378)	7,95 (8,34)	C2 (terra aluvial moderadamente cultivada com terra erodida e rochosa)
7.	104.165 (105.389)	10,42 (10,64)	C3 (terra aluvial intensivamente cultivada com solos do tipo Neossolos Regossólicos e Neossolos Flúvicos)
8.	266.338 (293.195)	26,63 (29,32)	F1 (Caatinga esparsa até moderadamente densa com manchas cultivadas e terra degradada)
9.	54.227 (49.644)	5,42 (4,96)	F2 (Caatinga moderadamente densa e manchas cultivadas e terra degradada)

10.	38.759 (33.828)	3,88 (3,38)	F3 (Caatinga densa com a terra rochosa)
11.	145.972 (152.879)	14,60 (15,29)	FR1 (Caatinga esparsa e afloramento de rocha)
12.	151.002 (130.944)	15,10 (13,09)	FR2 (Caatinga moderadamente densa sobre solos do tipo Neossolos Litólicos)
13.	45.309 (37.031)	4,53 (3,70)	FR3 (Caatinga densa sobre relevo íngreme/serra)
Total: 999.998			

Todas as unidades de mapeamento de cobertura vegetal foram corrigidas geometricamente. O índice de exatidão do mapeamento encontrado foi em média de 85%. A percentagem de exatidão de cada unidade de mapeamento ficou assim constituída: **W1 99%, W2 98%, W3 100%; U1 63%; C1 83%, C2 82%, C3 81%; F1 91%, F2 93%, F3 83%; FR1 90%; FR2 87% e FR3 88%.**

A classificação para capacidade de uso da terra, que utiliza oito(8) classes de I a VIII, estratifica as terras em próprias para cultivos anuais ou mesmo, impróprias face aos diferentes graus de limitações. De acordo com a maior adaptabilidade, as terras apresentam-se: a) Terras próprias para cultivos anuais e inclui as classes de I, II, III, IV; b) Terras impróprias para cultivos anuais e inclui as classes de V, VI, VII e VIII.

As sub-classes são designadas dentro da classe pela adição das letras pequenas (minúsculas), como e,w,s, ou c. Assim, a representação “s” indica quando há ocorrência de limitações do solo (salinidade, fertilidade, espessura efetiva, pedregosidade/rochosidade, etc...), constituindo o principal problema de uso; “e” quando há vulnerabilidade do solo à erosão, tornando inadequado o uso da terra; “w” quando na área pode ocorrer um excesso de água associada a inundação; “c” referente as condições climáticas, com elevadas temperaturas ou déficit hídrico prolongado, como causa principal de uso agrícola. Exemplifica-se: sub classe IIIs que significa pertencer a classe III com problema de limitações imposta por condições edáficas. Por causa de condições climáticas, na região do semi-árido, a classificação de capacidade da terra começa a partir da classe III. A tabela 3 apresenta as categorias (classes e sub-classes) de capacidade de uso da terra encontrada na região estudada.

**Tabela 3:** Categorias de capacidade de uso da terra resultante da integração de dados temáticos (programas RECODE e SCAN). Os valores derivados do SCAN estão em parênteses.

Valor	Pixels	%	Classes de Capacidade de Uso da Terra
0.	2 (2)	0,0 (0,0)	
1.	15.372 (16.604)	1,54 (1,66)	Água
2.	283.019 (305.597)	28,30 (30,56)	Terra própria para cultivo. Terra moderadamente boa com problemas de solos, tais como espessura, rochosidade e pedregosidade. <b>Sub-classe-IIIs</b>
3.	54.227 (46.958)	5,42 (4,70)	Terra própria para cultivo. Terra relativamente boa com problemas de erosão e de solos. <b>Sub-</b>

<b>classe-IVes</b>			
4.	305.097 (316.858)	30,51 (31,69)	Terras impróprias para cultivo com problemas edáficos. <b>Sub-classes- IVs e VIs</b>
5.	151.002 (136.551)	15,10 (13,66)	Terra imprópria para cultivo com problemas de erosão e solo. <b>Sub-classe-VIes</b>
6.	45.309 (35.085)	4,53 (3,51)	Terra imprópria para cultivo, mas próprias para pastagem e preservação da cobertura florestal por problemas edáficos. <b>Classes- VIIs / VIIs</b>
7.	145.972 (142.345)	14,60 (14,23)	Terra própria para pastagens e floresta, mas com problemas de solo e erosão.. <b>Classes-VIes e VIIes</b>
Total: 999.998			

## CONCLUSÕES

A imagem SPOT/HRV que cobre o setor do semi-árido investigado revela, por suas características espectrais e de resolução espacial, uma adequada discriminação entre as classes de uso e cobertura da terra, citando-se as áreas urbanas rurais, as pastagens implantadas; a diferenciação nítida das áreas de caatinga e floresta, agricultura; corpos d'água, apresentando ainda indicativos de discriminação de terra erodida, em regeneração e com presença de afloramento de rochas. Do ponto de vista interpretativo, a acurácia da classificação digital, por método supervisionado, traz significativa possibilidade de discriminações, cujo desempenho é função de características intrínsecas dos alvos que modelam a forma de interação da radiação e conseqüente resposta ao sensor. Em termos práticos, a possibilidade de integrar informações atualizadas derivadas de imagens orbitais com conhecimento de campo e uma adequada base histórica das formas de utilização da terra, demonstra que planejamentos racionais de ocupação e preservação do espaço territorial do semi-árido podem ser alcançados.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Anderson, J.R., Hardi, E.E; Roach, J.T.; and Witmer, R.E. A land use and land cover classification system for use with remote sensing data. U.S. Geological Survey. Reston, Virginia, USA, Professional paper 964, pp.28. 1976.
- Costa, T.C.C.; Accioly, L.J.O.; Oliveira, M.A.J.; Burgos, N.; Silva, F.H.B.B. Mapeamento da fitomassa da caatinga do Núcleo de Desertificação do Seridó, pelo índice de área de planta (IAP) e o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), obtido com dados do sensor Landsat 7 TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. Foz do Iguaçu, Paraná. Abril, 2001. Anais. São José dos Campos:INPE, 2001. [CDROM]. [URLib](#).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília. 1999. 412p.
- Ferreira, L. A., Teotia, H.S., Costa Filho, J. F., Santos, J. R. Levantamento e Classificação da vegetação nativa do município de Patos, através do sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. Foz do Iguaçu, Paraná. Abril, 2001. Anais. São José dos Campos:INPE, 2001. [CDROM]. [URLib](#).
- Maldonado, F.D.; Santos, J.R.; Carvalho, V.C. Rotação espectral controlada como alternativa em análise por componentes principais para detecção de mudanças em região do semi-árido.

In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. Foz do Iguaçu, Paraná. Abril, 2001. Anais. São José dos Campos:INPE, 2001. [CDROM].

Teotia ,H.S., Costa Filho, J.F., Santos, J.R., Ferreira,.L.A. Integração do Sensoriamento Remoto e SIG/SIT na preparação de modelo de desenvolvimento da terra para planejamento rural. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. Foz de Iguaçu, Paraná. Abril, 2001. Anais. São José dos Campos: INPE, 2001. [CDROM].

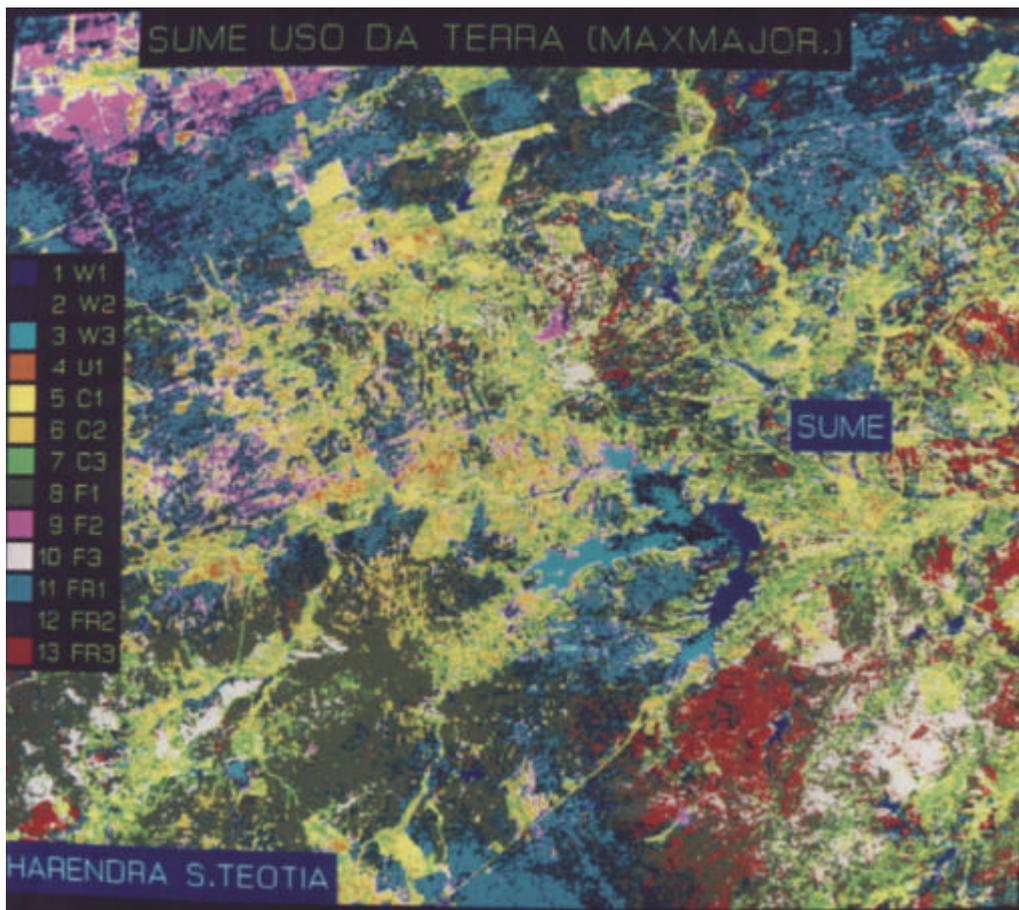


Figura 1. Distribuição espacial do conteúdo temático de uso e cobertura da terra na região de influência de Sumé (Paraíba).

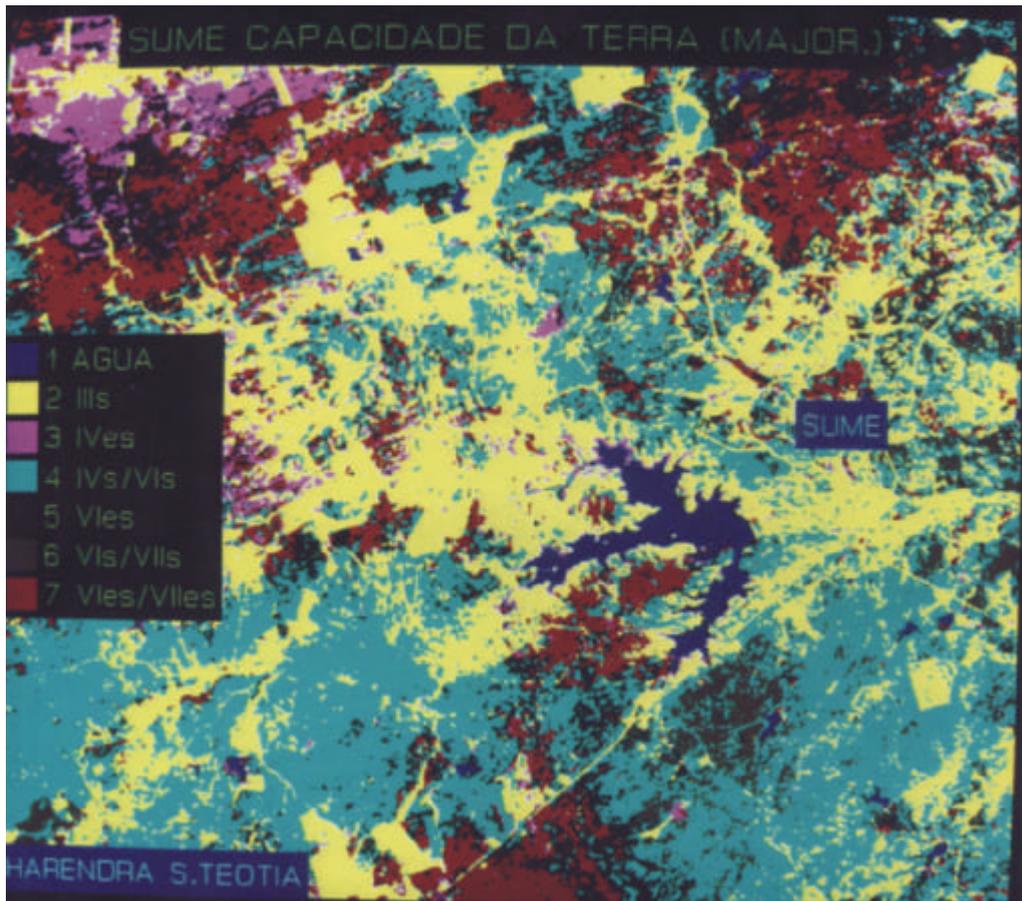


Figura 2. Espacialização das classes temáticas de capacidade de uso da terra na área de influência de Sumé (Paraíba).