

## **Análise geográfica computadorizada aplicada à vegetação da caatinga em unidades de conservação do Nordeste: a) Estação Ecológica do Seridó-ESEC/RN/Brasil**

Ramiro Gustavo Valera Camacho <sup>1</sup>  
Gustavo Macedo de Mello Baptista <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN  
Caixa Postal 70 - 59633 010 – Mossoró – RN, Brasil  
ramirogv@uern.br

<sup>2</sup> Universidade Católica de Brasília - UCB  
Q.S. 07, Lote 01, EPCT, Águas Claras - 71966-700 - Taguatinga - DF, Brasil.  
gmbaptista@pos.ucb.br

**Abstract.** The limited number of physiognomic and phytosociological studies in this vegetation type was the motivating factor for the initiation of this project in the Ecological Station of the Seridó-ESEC/IBAMA/RN. This reserve represents the only caatinga ecosystem in the state that is under conservation management. The profiles of the phytogeographic patterns and the mapping with the auxiliary Geographic Information Sensing (G.I.S.), were the basis for the identification and comparison, of the Ecological Station of the Seridó-ESEC. Furthermore, allowing it to be used as a reference for the environmental impacts of the Caatinga.

**Palavras-chave.** remote sensing; caatinga vegetation; researches of conservation; sensoriamento remoto; vegetação da Caatinga; pesquisas de conservação.

### **1. Introdução**

A maior parte do Nordeste brasileiro é revestida por uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variadas e ocupa uma área global de aproximadamente 10% do território nacional. Segundo ANDRADE-LIMA (1966, 1981), Seridó é uma formação arbustiva com dois estratos principais: o estrato herbáceo mais ou menos denso, com a predominância absoluta de *Aristida setifolia*, associada à *Portulaca oleracea* e o estrato arbustivo, esparsos, formado quase que exclusivamente por *Caesalpinia sp.* e *Mimosa sp.*

É uma área de solos rasos e pedregosos, vegetação esparsa e baixa, com graves riscos de erosão e sinais de desertificação, reforçados pela retirada de lenha. FERNANDES (2000) o inclui no setor do Sertão, sob a denominação do Seridó, caracterizado por solos erodidos, ásperos e seixos rolados, com predominância de vegetação baixa, arbustos espaçados, quase sempre nanificadas, com capins de permeio e manchas desnudas. As plantas da caatinga, principalmente arbóreas e arbustivas, apresentam alta resistência à seca, em virtude de possuírem diferentes mecanismos morfo-fisiológicos que minimizam os efeitos do déficit hídrico.

A deficiência hídrica resulta da baixa pluviosidade, da má distribuição ao longo do ano e da elevada evapotranspiração potencial. As chuvas se concentram em três a quatro meses do ano e com grande variação entre anos, nos quais ocorrem períodos de extrema deficiência hídrica. Associadas à variação da deficiência hídrica, encontram-se variações de outros fatores: o solo possui baixa capacidade de retenção de água e baixa permeabilidade, descontinuidades litológicas nos perfis, salinidade e constituição mineralógica das camadas superficiais.

As interações de tais fatores são responsáveis pela diversificação na composição e na fisionomia da vegetação, refletida principalmente na estratificação horizontal e vertical das comunidades. A maior dificuldade na classificação das caatingas está relacionada com esta variação, além da interferência antrópica. Para uma caracterização mais circunstanciada dos sistemas ecológicos no semi-árido é de fundamental

importância o direcionamento de pesquisas voltadas para florística e organização das comunidades. A limitação de estudos no estado (RN) motivou o estudo fitoecológico com uso do S.I.G. da caatinga da Estação Ecológica do Seridó.

A Caatinga cobre uma porção significativa de 11,67% do território nacional, se contarmos com as áreas de transição para outros biomas. No entanto, apenas 3,56% da Caatinga estão dentro de Unidades de Conservação Federais (em número de 16) e destes, apenas 0,87% em unidades de uso indireto (parques nacionais, reservas biológicas e estações ecológicas). Além das federais, existem apenas mais 07 unidades estaduais. No Rio Grande do Norte a única Unidade de Conservação Federal é a Estação Ecológica do Seridó, e a nível estadual, 3 unidades ainda não implantadas.

Nos últimos anos, vem aumentando o interesse de proprietários rurais em transformar parte de suas propriedades em área protegida, visando principalmente a conservação do ambiente natural, as RPPN's - Reservas Particulares do Patrimônio Natural. Só na Caatinga, o número de RPPN's criadas nos últimos cinco anos dobrou, existindo hoje, 24 RPPN's, das quais metade com área acima de 1.000 ha, mas é fundamental que se disponibilizem recursos e orientação técnica para o preparo de um plano de manejo para conseguir a finalidade desejada na conservação ambiental.

No RN apenas duas RPPN's foram implantadas (BIODIVERSITAS, 2000). Estações ecológicas devem ser áreas representativas de ecossistemas brasileiros, destinadas à realização de pesquisas básicas e aplicadas de Ecologia, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento da educação conservacionista (VENTURA, 1992).

Dos produtos de sensoriamento obtêm-se mapas temáticos, como o de densidade de vegetação por área *NDVI*. Com cartas digitalizadas e dados de campo posicionados com *GPS (Global Position System)*, é possível ordenar o território de acordo com os interesses da área. Com técnicas de geoprocessamento é possível armazenar, integrar, analisar, combinar e reproduzir dados espacialmente referenciados, ou seja, informações que possam ser relacionadas de certa forma como mapas.

O zoneamento ecoambiental dentro das unidades geoambientais é fundamental, dentro das políticas conservacionistas na Caatinga. Estudos no NE utilizando o S.I.G. são também escassos. Trabalhos de calibração e adaptação do SIG às secas do NE, encontramos em CARVALHO (1986); NOBREGA, em 1991, MALDONADO (1999) e BARBOSA (1999), fez uso do SIG, para análise da variação espacial e temporal do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN) e a pluviometria sobre a região Nordeste do Brasil.

O presente trabalho teve como objetivos: a) Diagnosticar os perfis e padrões fitofisionômicos caracterizando a região da caatinga do Seridó, RN; b) Mapear com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica (S.I.G.) a vegetação da Estação Ecológica do Seridó- ESEC, segundo os Índices de vegetação identificando as unidades fitofisionômicas; c) Fornecer subsídios sobre a diversidade biológica e ambiental, tornando a ESEC, referência da região para comparação de impactos ambientais no ecossistema.

## 2. Material e Métodos

A Estação Ecológica do Seridó-ESEC se encontra, geograficamente entre 6°35'a 40' S e 37°15'a 20' W (**Figura 1**). O clima do local segundo a classificação de KÖEPPEN é BsWh ou seja: seco, muito quente e com estação chuvosa no verão (CARMO FILHO & OLIVEIRA, 1989); com média de precipitação anual de 497mm; temperatura média 26 °C, com mínima de 20°C e máxima de 32°C; U.R. anual mínima de 36% e máxima de 85%.

A área da ESEC com 1.166,38 ha, foi criada pelo decreto lei nº 87.222 em 31/05/1982, data desde a qual ficou preservada. O levantamento Fitofisionômico para caracterizar a estrutura espacial de cada comunidade, foram através de diagramas de perfil da vegetação no espaço vertical e horizontal numa faixa de 25x5m.

Para os propósitos do trabalho, foram utilizados mapas cartográficas do Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/ Secretaria Especial do Meio Ambiente/ Coordenadoria de Estações Ecológicas da SUDENE, (1982), folha SB 24-Z-B-IV SERRA NEGRA DO NORTE, escala 1:100.000 (3ª impressão 1982), e imagem de satélite LANDSAT-5-TM cuja cena corresponde a orbita 215, ponto 65 e quadrante A, imagem cedida pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geologia da UFRN.

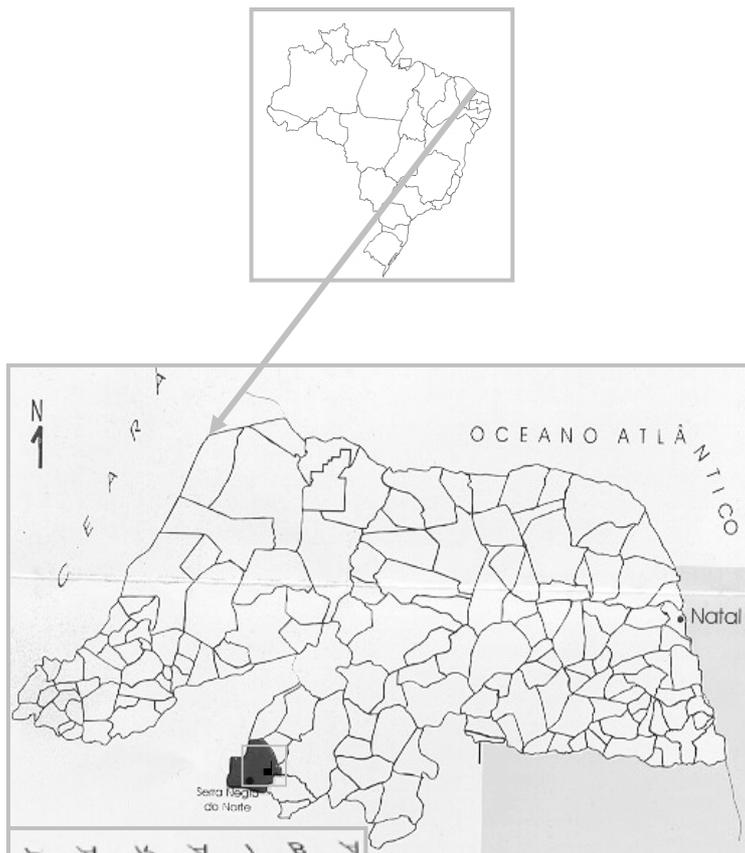


Figura 1 - Localização Geográfica da Área de Estudo no Brasil. Mapa dos Municípios do Rio Grande do Norte; em vermelho o Município de Serra Negra do Norte-RN, Estação Ecológica do Seridó-ESEC. (Fonte: IBAMA - ESEC/RN)

O trabalho foi iniciado com a digitalização dos mapas, transferindo informações relevantes para o formato digital, utilizando o TOSCA 212, em ambiente DOS. Entre os dados mais importantes que foram digitalizados estão: as curvas de nível, as linhas de drenagem da região, as estradas e trilhas e o limite da estação.

Editadas as linhas digitalizadas, iniciamos o trabalho no IDRISI for Windows Versão 2 (EASTMAN, 1995). Inicialmente, trabalhamos na geração do Modelo Numérico do Terreno (*Digital Elevation Model-DEM*) a partir das curvas de nível previamente digitalizadas.

A imagem de satélite Landsat TM5 foi então georeferenciada, utilizando as informações vetoriais e os pontos coletados em campo com GPS (*Global Position System*). Em seguida obtivemos uma composição colorida com as faixas espectrais do

vermelho (3), infravermelho próximo (4) e infravermelho de ondas curtas (5), para avaliação qualitativa da cena.

Depois, as faixas 3 e 4 foram transformadas em índices de vegetação, sendo o índice de vegetação normalizada (NDVI) o escolhido para este tipo de vegetação. Finalmente, foi feita a classificação da imagem NDVI e foram escolhidos os pontos para testar a verdade no campo dos padrões de vegetação.

### 3. Resultados

As principais limitações de uma análise a esse respeito são, como apontou SARMIENTO (1975) ao estudar as similaridades florísticas entre as formações secas da América do sul, a inexistência de listas completas de espécies de uma mesma unidade vegetacional, assim como o fato de cada unidade se apresentar floristicamente heterogênea, especialmente aquelas de maior extensão.

No estudo da flora da Estação Ecológica do Seridó, foram levantadas 20 famílias, 31 gêneros e 34 espécies. O táxon Leguminosae-Mimosoideae, está representado por 4 gêneros; as famílias Euphorbiaceae, Leguminosae-Caesalpinioideae, Bignoniaceae e Cactaceae, representadas com 3 gêneros; a família Verbenaceae apresenta 2 gêneros representados por 2 espécies que se evidenciam na época favorável (período chuvoso).

As demais famílias encontradas, Anacardiaceae, Apocynaceae, Combretaceae, Bombacaceae, Boraginaceae, Burseraceae, Convolvulaceae, Dioscoreaceae, Phytolacaceae, Poaceae, Rhamnaceae e Rubiaceae apresentam somente um gênero cada. Os gêneros *Caesalpinia*, *Croton* e *Tabebuia*, foram os táxons representados por duas espécies. Leguminosae-Caesalpinioideae, Leguminosae-Mimosoideae e Euphorbiaceae, são os táxons predominantes da caatinga do Seridó, confirmando os estudos de ANDRADE-LIMA (1981).

No trabalho de MIRANDA *et al.* (2000), realizado no município vizinho do Jardim do Seridó, em área em vias de desertificação, foram encontradas apenas 14 espécies, pertencentes a 12 gêneros e 7 famílias. GENTRY (1995) indica a importância da família Euphorbiaceae em florestas decíduas Neotropicais. Comparando-se a área da ESEC com aquelas estudadas por outros autores e por MIRANDA *et al.* (2000) na região do Seridó, em núcleo de desertificação, podemos concluir que se trata de uma área preservada, com maior diversidade de táxons levantados.

Em escala maior, comparada com outras regiões do RN que apresentam como as famílias mais destacadas as Euphorbiaceae, Leguminosae-Mimosoideae e L.-Caesalpinioideae, também na ESEC, os táxons melhor representados pertencem a Leguminosae-Mimosoideae, Euphorbiaceae, Leguminosae-Caesalpinioideae, Cactaceae e Bignoniaceae. Fisionomia da Vegetação (**Figura 2**), a análise da distribuição vertical das populações de espécies através do conceito de forma de vida, possibilitou caracterizar os setores a partir de suas sinúsias, unidades abstratas que representam um grupo de plantas com a mesma forma de vida.

Resultados mostram a distribuição das alturas médias por espécie e os setores analisados. No setor A (a 250 m de altitude), *Anadenanthera macrocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Cnidoscolus quercifolius* foram as que apresentaram maiores médias em altura, acima de 5 m. O restante das espécies apresentou médias inferiores a 3 m. O setor B (a 220 m de altitude) tem uma distribuição mais uniforme das alturas médias por espécie, num intervalo de 1,2 a 2,9 m, tendo como extremos, *Croton moritibensis* de um lado e, de outro *Caesalpinia pyramidalis* e *Clytostoma sp.*

No setor C com 350 m de altitude, as maiores alturas médias (6,2 a 4,3 m) foram das espécies *Tabebuia impetiginosa*, *Combretum leprosum*, *Commiphora leptophleas*, *Pseudobombax sp.*, *Anadenanthera macrocarpa* e *Caesalpinia pyramidalis*. As espécies

restantes variaram de 2,0 a 3,6 m, conferindo uma fisionomia de caatinga arbórea. Finalmente, o setor D, a 385 m de altitude, apresentou indivíduos de *Anadenanthera macrocarpa* com altura média 4,7 m e um único indivíduo de 8 m da espécie *Commiphora leptophlebos*.

As espécies restantes variaram de 1,9 a 3,7 m. A análise das alturas mostrou que entre os quatro setores C, D, A e B, as médias observadas foram de 4,28, 3,53, 2,42 e 2,37 m, respectivamente. A comparação da caatinga do Seridó com outras áreas de caatinga em termos de alturas médias de plantas deve ser feita com cautela, por conta dos diferentes critérios de inclusão adotados.

Os diagramas de perfil da vegetação da ESEC (figura 2) que mostram a distribuição espacial de indivíduos com diferentes alturas, auxiliam na identificação das fisionomias presentes no local de estudo. O perfil topográfico e diagramas obtidos de todos os setores mostram claramente que no setor C ocorre uma predominância de espécies arbóreas de maior porte e diâmetro dos troncos. Por outro lado, os setores B e A, apesar de apresentarem maior densidade de plantas, são caracterizados pela predominância de uma vegetação arbustiva, com poucas ocorrências de espécies arbóreas.

Tais perfis permitem identificar o setor C (350 m de altitude) como caatinga arbórea, o setor D (385 m) como arbóreo-arbustiva e B como arbustiva. O setor A arbustivo, localiza-se no início da encosta da Serra Verde a 250 m de altitude onde surgem espécies arbóreas como *Caesalpinia pyramidalis*, à medida que vai aumentando a altitude.

Na cota mais representativa da Estação, a 220 m, com um relevo plano (setor B) com a cobertura arbustiva ocorre maior número de espécies e maior densidade (figura 2). Entre os setores A e B, encontra-se uma área de vegetação baixa e aberta, bastante característica da região do Seridó, com solo vértico revestido na sua maior extensão por gramínea *Aristida elliptica* e presença esporádica de alguns arbustos, como pinhão bravo (*Jatropha mollissima*) e faveleiras (*Cnidocolus quercifolius*) (**Figura 2**).

Este tipo de solo que na época chuvosa torna-se barrento apresenta-se todo fendilhado na época seca. ANDRADE-LIMA (1981) e BRASIL (1985) afirmam que as caatingas, onde as condições ambientais são mais favoráveis, apresentam maior número de espécies e maior porte que as situadas em ambientes menos favoráveis. No caso dos setores da ESEC/RN, as respostas atribuídas às condições climáticas devem ser mínimas (topoclimas), tendo em vista o tamanho reduzido da área, sendo importante identificar a principal variação que são os fatores edáficos.

A fisionomia arbustiva da estação, talvez possa ser explicada pelo efeito de ocupação antrópica das regiões mais planas (A e B). Estas possivelmente encontram-se em processo de regeneração. Em relação ao aspecto de regeneração de espécies arbóreas e arbustivas da comunidade, pode-se dizer que quanto maior a densidade de indivíduos de uma determinada espécie nas categorias inferiores de altura, maior será sua probabilidade de chegar às superiores de altura.

Entretanto, afirmações seguras não são possíveis, uma vez que se desconhecem os padrões estruturais das populações na caatinga e como eles podem ser influenciados durante os processos sucessionais. Observações de campo nos levam a pensar que os setores C e D apresentam uma aparência de maior conservação que os setores A e B, localizados nas áreas mais planas, propícias para agricultura e pecuária extensiva.

Provavelmente, esse maior número de indivíduos, menor diâmetro, menor altura média de plantas, sejam conseqüências dos fatores de ocupação antrópica. A análise Geográfica Computadorizada em SIG registrou, na imagem LANDSAT-TM5, resposta da vegetação através do cálculo do índice de vegetação, informações no formato digital provenientes de fontes cartográficas dos mapas fornecidos pela IBAMA/ESEC,

auxiliaram para o estudo e a elaboração de um mapa digitalizado com as informações necessárias para o trabalho como: a topografia, drenagem, linha viária, limites da estação, trilhas e os pontos posicionados com GPS.

O georreferenciamento auxiliou na elaboração de um mapa utilizando as faixas espectrais TM-3, TM-4 e TM-5, obtendo uma composição colorida que nos dá a oportunidade de avaliar qualitativamente o estado das áreas vegetadas, diferenciando-as das áreas descobertas de vegetação. Podemos ver a diferença na vegetação da área correspondente a ESEC com vizinhança, áreas na grande maioria ocupadas por agropecuária.

O cálculo do NDVI mostrou os principais padrões da vegetação na estação, dados que foram verificados em campo, devidamente comprovados e apresentados na figura 3. O mapeamento da ESEC foi possível através destas informações obtidas. A classificação da imagem NDVI possibilitou a detecção de 3 classes vegetacionais ocorrentes na área da estação e, além disso, 2 classes de solos e os corpos de água da cena foram detectados.

As fisionomias levantadas ao longo dos transectos e mostradas nos diagramas de perfil apresentam uma distribuição de uma caatinga arbórea com maior frequência na área da Serra Verde, uma caatinga arbustiva predominante em toda a área da estação entremeada com uma caatinga herbácea, coberta predominantemente por gramínea, com alguns arbustos esparsos no entremeio.

O intervalo de classe da imagem de NDVI varia desde valores negativos até positivos, dependendo da densidade da vegetação por área que compõe a paisagem. A imagem NDVI variou de -0,7500 a 0,6499 atingindo seus valores máximos entre -1 a 1. Para chegar às classes fitofisiográficas identificadas, classificou-se a imagem NDVI em apenas 7 classes, das quais 3 correspondem à vegetação, com os seguintes intervalos de NDVI e altitude (DEM): caatinga arbórea (0,4500 a 0,6499 e 385 a 220m); caatinga arbustiva (0,3500 a 0,4499 e 220 a 300m) e caatinga herbácea (0,2000 a 0,3499 e 200 a 230m).

O produto final do trabalho elaborado com uso da análise de informação geográfica com vegetação do Seridó foi um mapa de vegetação caracterizando as fisionomias da Estação Ecológica do Seridó (**Figura 3**), onde as classes que representam a vegetação foram divididas em 3 tipos, caatinga arbórea, caatinga arbustiva e caatinga herbácea. Os dois tipos de solos diferenciados foram os solos mais pedregosos e os menos pedregosos e, além disso, os corpos de água diferenciados em água limpa e turva.

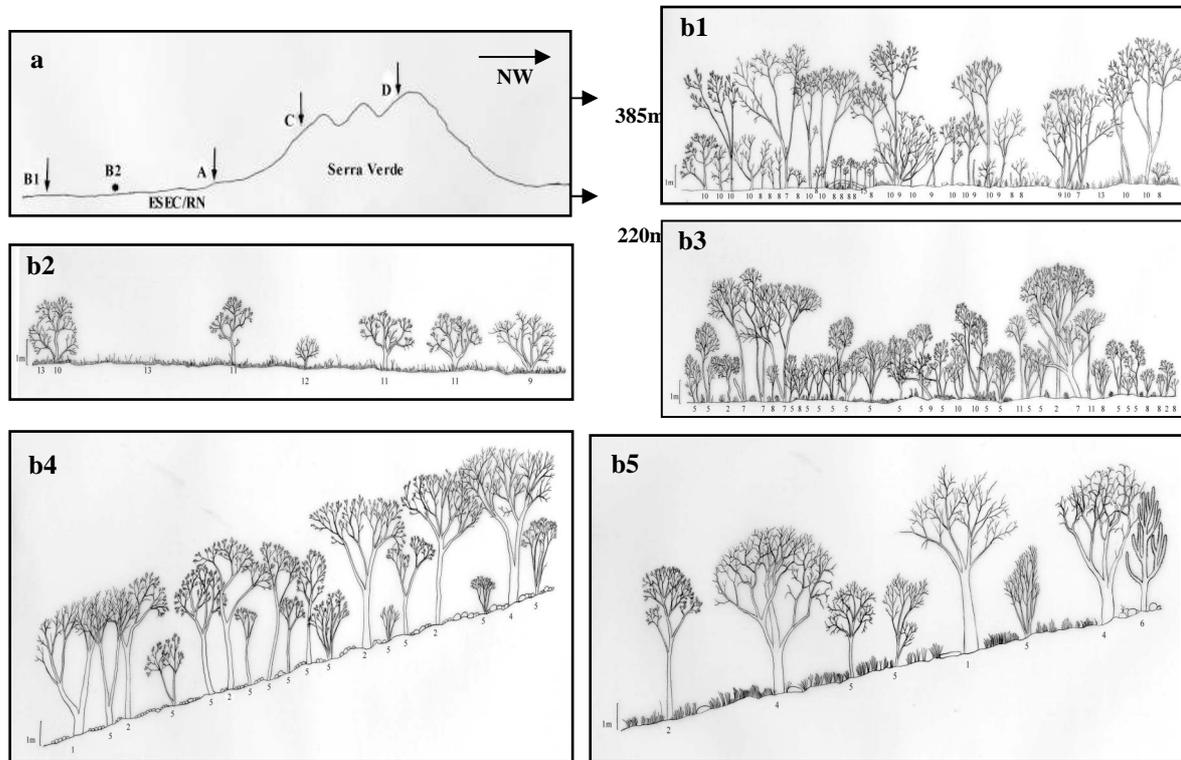
#### 4. Conclusões

Os estudos fitofiosômicos, permitiram identificar três padrões distintos ocorrentes ao longo do perfil topográfico da Estação Ecológica do Seridó-ESEC/RN: a caatinga arbórea, presente na encosta da Serra Verde entre 250 e 385 m de altitude; caatinga arbustiva predominante na região do Seridó, ocorre entre as cotas 220 a 250 m.

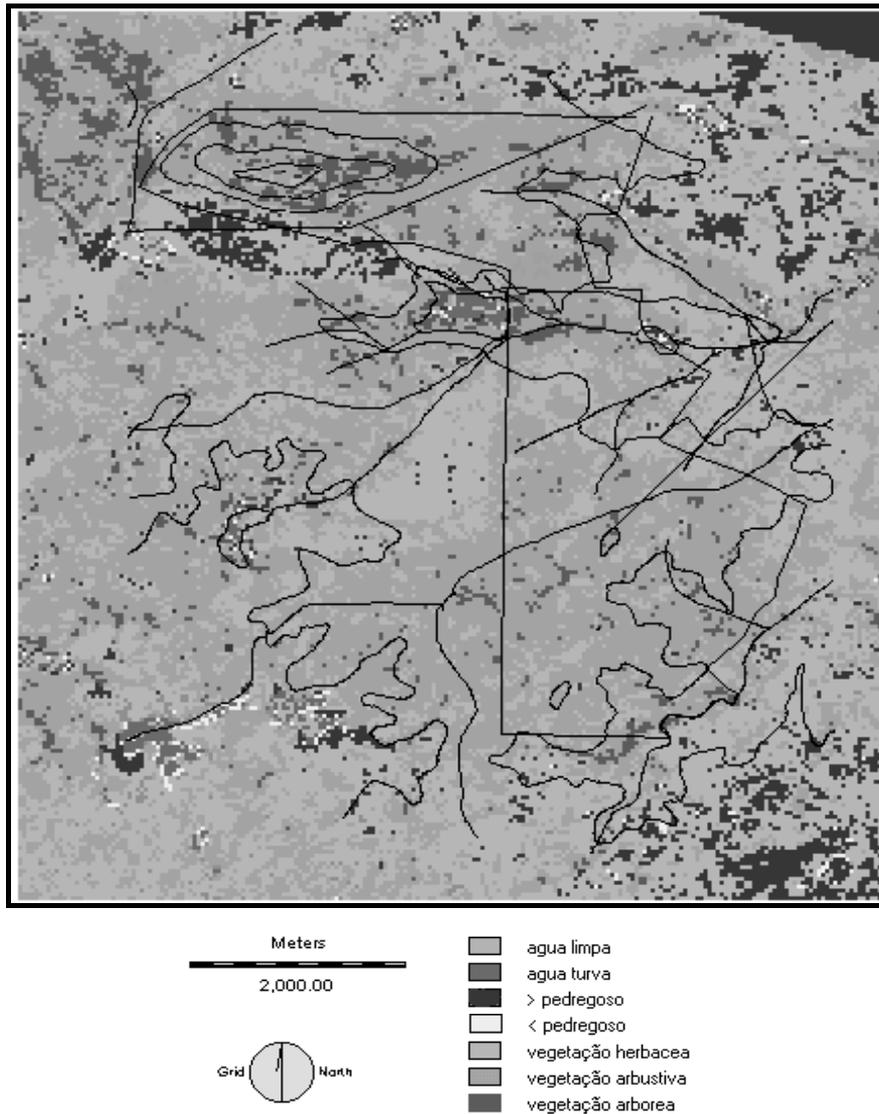
Além dessas, a caatinga herbácea aberta que está presente na região mais baixa da estação, associada principalmente à classe dos vertissolos, caracterizada pela presença de gramíneas *Aristida elliptica* e arbustos espalhados.

A compartimentação de dados cartográficos (dados vetoriais) e imagem de satélite (dados digitais) auxiliaram na elaboração de um mapa da vegetação da ESEC/RN. O trabalho fitofisionômico, fitossociológico e pedológico, forneceram informações da diversidade biológica e ambiental do seridó permitindo determinar os padrões da vegetação, as características fitofisionomias, identificação dos táxons e suas relações no ambiente fisiográfico da ESEC/RN.

A ESEC torna-se área de referência do seridó para comparação de impactos ambientais, pela sua condição de unidade de conservação, sendo mais uma fonte de informação para estudos sobre distribuição biogeográfica e delimitação dos principais padrões de vegetação na caatinga do Seridó.



**FIGURA 2** - Diagramas de perfil da vegetação na ESEC/RN. **a)** Perfil topográfico geral da Estação Ecológica do Seridó, com cotas altimétricas, mínima 220m e máxima 385m (N-W); **b)** Perfis diagramas da vegetação da ESEC, da vegetação: **b1)** Setor B, caatinga arbustiva, predominante na extensão da estação; **b2)** Caatinga herbácea acompanha a mancha do vertissolo presente na estação; **b3)** Setor A, no início da Serra Verde, caracterizada por uma caatinga arbustiva; **b4)** Setor C, caatinga arbórea e **b5)** Setor D, caatinga arbórea-arbustiva.



**FIGURA 3** - Mapa de Vegetação da estação ecológica do Seridó, ESEC-RN. Classificação dos tipos de vegetação de acordo com a quantidade de folhas verdes presentes na imagem LANDSAT TM-3 e TM-4 a partir do Índice de vegetação (NDVI).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE-LIMA, D. (1981). The caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.4 p. 149- 53.
- BARBOSA, H.A. (1999). Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região Nordeste do Brasil em 1982-85. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, SP.
- BIODIVERSITAS (2001). Biodiversidade da Caatinga: Seminário 21-26 maio de 2000. Disponível em < URL: [www.biodiversitas.org/caatinga/inicio.html](http://www.biodiversitas.org/caatinga/inicio.html)> fev. 2001.
- EASTMAN, J.R. (1995). IDRISI for windows user manual, version 1.0. Clark University, Worcester.
- FERNANDES, A. (2000). Fitogeografia brasileira. Fortaleza: Multigraf, 340 p.
- MALDONADO, F.D. (1999). Análise por componentes principais (ACP) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semi-árido brasileiro: Quixadá- PE. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos.
- MIRANDA, I.S.; ACCIOLY, L.J.O. & SILVA, F.H.B. (2000). Estrutura da vegetação de duas áreas de caatinga no núcleo de desertificação do Seridó, Rio Grande do Norte. 264-265p. *In: Resumos do 51º Congresso Nacional de Botânica. Sociedade de Botânica do Brasil*. Brasília-DF.
- NÓBREGA, M.A. da (1991). Aspectos fitogeográficos da Caatinga e potencialidades de seus recursos naturais renováveis. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 173 p.