

Sensoriamento Remoto na Identificação de Áreas passíveis de Desertificação numa Porção do Semi-Árido brasileiro

Admilson P. Pacheco, *UFPE Recife PE*

Neison Cabral Ferreira Freire, *UFPE Recife PE*

Utaiguara da Nóbrega Borges, *UFPE Recife PE*

Débora Coelho Moura, *UFPE Recife PE*

Clemens Schlindwein, *UFPE Recife PE*

Eugênia Gonçalves Pereira, *UFPE Recife PE*

Conteúdo [esconder]

1. Introdução

1.1 Área de Estudo

2. Metodologia

2.1 Mapa Base Vetorial

2.2 Processamento Digital de Imagem – PDI

3. Resultados e Discussão

3.1 Mapa de Estágios de Degradação da Área de Estudo

3.2 Interpretação da área de estudo

3.3 Classificações das áreas em diferentes estágios de degradação

3.4 Classificação do polígono 1 – Caatinga arbórea densa

3.5 Mapa de Estágios de Degradação da Área de Estudo

3.6 Classificação do polígono 3 – Caatinga arbustiva

3.7 Classificação do polígono 4 – Pastagem

3.8 Representação quantitativa das quatro áreas classificadas

4. Discussão

5. Conclusão

6. Referências bibliográficas

▶ Resumo

1. Introdução

Desde tempos imemoriais, o ser humano luta contra as adversidades do meio ambiente, seja modelando o meio físico ou consumindo seus limitados recursos naturais, numa infinita busca por riqueza e bem-estar materiais. A humanidade vem interagindo de forma complexa sobre a biosfera, modificando *habitats* naturais e colocando novos desafios às atuais e futuras gerações. Sob o pretexto do crescimento econômico, processos relativamente recentes de modernização vêm trazendo graves desequilíbrios sócio-ambientais a diversas regiões do planeta, notadamente aquelas situadas em países pobres.

Embora muitas vezes detentores de alto patrimônio ecológico, estas regiões não conseguem escapar do círculo vicioso da pobreza e da destruição ambiental, aumentando a exclusão social e diminuindo a capacidade de carga dos ecossistemas locais. Neste contexto, Sociedade e Natureza precisam estar intimamente correlacionadas num novo paradigma de

desenvolvimento sustentável, baseado em princípios da transdisciplinaridade sistêmica de uma “nova” visão desse binômio.

No caso brasileiro, uma das regiões mais afetadas pela crise do modelo de consumo extensivo dos recursos naturais é o semi-árido nordestino, cuja degradação ambiental crescente vem ocasionando processos de desertificação cada vez mais significativos, trazendo como conseqüências imediatas, dentre outras, a perda da fertilidade do solo e da biodiversidade, a destruição de *habitats* naturais e o êxodo rural. Segundo o Censo Demográfico de 2000 (IBGE, 2003), cerca de 18 milhões de pessoas (ou 42% da população nordestina, ou, ainda, 11% da população brasileira) vivem em regiões de clima semi-árido.

Uma discussão conceitual sobre o tema da desertificação evoluiu desde a década de 60 do século passado e se consolidou através do documento intitulado *Agenda 21*, elaborado durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 1992 – a Eco'92 -, onde, no seu Capítulo 12, definiu-se a desertificação como sendo “a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas ” (SACHS, 1993). A preocupação com o tema é de tal ordem que a Organização das Nações Unidas aprovou em 26 de dezembro de 1996 a Convenção Internacional de Combate a Desertificação, sendo ratificada pelo Congresso Nacional Brasileiro no dia 12 de junho de 1997. Desde então, diversas instituições de pesquisa e organizações não-governamentais brasileiras têm se dedicado ao assunto, destacando os esforços desenvolvidos pela Oficina de Trabalho sobre Ciência e Tecnologia para a Sustentabilidade do Semi-árido do Nordeste do Brasil, realizada em novembro de 1999 na cidade do Recife.

Mais recentemente, em setembro de 2003, vários países da África, América Latina e Caribe discutiram o problema durante a 6ª. Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação e Seca, realizada em Havana, Cuba. Na ocasião, ao analisar as áreas de risco à desertificação, constatou-se que “o processo de degradação do solo e redução de sua cobertura vegetal provoca prejuízos de US\$ 42 bilhões por ano em todo o mundo e afeta diretamente mais de 250 milhões de pessoas” (Folha OnLine, 2003).

Sem dúvida estas conferências internacionais representam um grande esforço político que precisa estar aliado à ação executiva para enfrentar a magnitude do problema, exigindo seu profundo conhecimento para equacionar soluções viáveis, onde a Ciência e a Tecnologia cumprem papel primordial, além da efetiva participação popular que, através dos mecanismos da sociedade civil organizada, devem decidir até onde se pode aproveitar os recursos do meio ambiente sem comprometer irreversivelmente sua utilização pelas futuras gerações.

Historicamente, a região do semi-árido brasileiro inseriu-se dentro de um modelo de desenvolvimento cuja base econômica não estava atrelada às condicionantes sociais, culturais e ambientais da região. As populações sertanejas atingidas pelo problema da desertificação, por exemplo, estão entre as mais pobres do país, com índices de desenvolvimento humano muito abaixo da média nacional. O desafio atual consiste em propor instrumentos tecnológicos que possibilitem análises alternativas e adequadas para a melhoria da qualidade de vida e bem-estar social das populações que habitam essas áreas do semi-árido do Nordeste, visando estabelecer um ponto focal de desenvolvimento regional auto-sustentável de forma multidisciplinar e a partir da compreensão de que o dinamismo da região virá em função do nível de conhecimento, aliado à pesquisa aplicada e às inovadoras técnicas de produção em consonância com as vocações sócio-econômicas da área, escolhendo formas de desenvolvimento sensíveis à questão ambiental e buscando conciliar a exploração eficiente e reciclável dos limitados recursos naturais do semi-árido nordestino - o “capital natural” - e a necessidade urgente de crescimento material das comunidades sertanejas - o “capital construído pelo homem”.

A pesquisa partiu da hipótese que quando ocorre um determinado processo de desertificação, verifica-se um recrudescimento dos indicadores sócio-econômicos, através de relacionamentos geoambientais e antrópicos diretamente vinculados ao fenômeno observado, sendo possível sua identificação através de imagens de satélite e dados censitários.

Neste contexto, portanto, este estudo teve o objetivo de contribuir com a pesquisa aplicada ao mapear e analisar as áreas de risco passíveis de desertificação no semi-árido brasileiro, tomando como estudo de caso uma área geográfica denominada de Região de Xingó, utilizando-se das tecnologias proporcionadas pelo Sensoriamento Remoto e Sistemas de Geoinformação, identificando as possíveis interações entre os meios físico e sócio-econômico e espacializando as ocorrências deste fenômeno ambiental de causas antrópicas.

Objetivou-se, então, avaliar o potencial destes instrumentais tecnológicos para tais finalidades, através de séries temporais e multiespectrais de imagens de satélite combinadas com mapas digitais e dados descritivos dos indicadores sócio-econômicos, onde, no transcorrer da pesquisa, pretendeu-se estabelecer as relações de causa e efeito e documentar a evolução do fenômeno no período em estudo, para então finalizar com algumas proposições de prevenção e combate aos processos de desertificação, consciente de que em um sistema vivo, a compreensão das partes não leva necessariamente à compreensão do todo, pois este necessita de uma contextualização transdisciplinar e integrada.

Além disso, uma proposta metodológica foi formulada no sentido de integrar diversas tecnologias de tratamento da informação espacial com o objetivo de contribuir para a detecção e o combate à desertificação no semi-árido nordestino – um tema atual e em constante evolução no meio acadêmico que desperta um profundo interesse não apenas para a agenda governamental brasileira, como também para todas as nações que lidam com o problema.

A pesquisa apresentou os principais resultados obtidos, fazendo uma abordagem final panorâmica sobre o conjunto referenciado, sua contribuição científica e relevância para o conhecimento científico sobre o tema da desertificação, especialmente na Região de Xingó.

1.1. Área de Estudo

A Região de Xingó (Figura 26) está situada numa extensa área do trópico semi-árido brasileiro no encontro dos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe. Considerando a área de abrangência total do Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Xingó – Instituto Xingó (2002), a região compreende 32 municípios, correspondendo a uma área de 40.293 km² (IBGE, 1997), que, ao ser cortada pelo rio São Francisco, confere-lhe uma unidade geográfica, ambiental, econômica e sócio-cultural ímpar no Brasil. Esta área de abrangência abriga uma população de 584.883 habitantes (IBGE, 2003), onde se situa o complexo de hidroelétricas de Paulo Afonso, Itaparica e, mais recentemente, Xingó (1994) – todas pertencentes a CHESF.

Apresenta clima semi-árido, marcado pela precipitação escassa e mal distribuída durante o ano e, com períodos secos, de aproximadamente 10 meses (Assis, 2000). O período chuvoso vai de maio a junho, com maior precipitação em maio. As precipitações anuais ficam entre 500mm e 750mm (PLGGB, 1988; RADAMBRASIL, 1983). A temperatura oscila pouco, com médias anuais de 25° C, ultrapassando 27°C nos meses mais quentes, e caindo para 20°C, nos meses mais frios (INPE, 2001).

Para definição e delimitação da pesquisa, foi realizada uma visita técnica. Foram classificadas quatro áreas, em estágios diferentes de degradação, para monitoramento ambiental.

As áreas estão localizadas a montante da represa da UHE Xingó, no baixo curso do Rio São Francisco nos municípios Canindé do São Francisco, em Sergipe e Olho d'Água do Casado, em Alagoas. Estas áreas foram definidas pelo grau de desmatamento: a) Fazenda Cana

Brava/SE, caatinga arbórea densa (S 09°34'15,9" e W 037°59'12,5" altitude de 280m); b) Fazenda Brejo/SE, caatinga arbórea aberta (S 09°43'18,1" e W 037°58'07,9" altitude 300m); c) Sítio Justino/SE, caatinga arbustiva (S 09°36'27,5" W 037°50'35,2" altitude 163m) e d) Fazenda Capelinha/AL, pasto (S 09°31'24,5" W 037°49'07,8" altitude 248m).



Figura 1 : Mapa de localização da Região de Xingó em relação ao Brasil e América do Sul.

2. Metodologia

A pesquisa partiu da hipótese que quando ocorre um determinado processo de desertificação, verifica-se um recrudescimento dos indicadores sócio-econômicos, através de relacionamentos geoambientais e antrópicos diretamente vinculados ao fenômeno observado, sendo possível sua identificação através de imagens de satélite e dados censitários.

Neste contexto, portanto, este estudo teve o objetivo de contribuir com a pesquisa aplicada ao mapear e analisar as áreas de risco passíveis de desertificação no semi-árido brasileiro, tomando como estudo de caso uma área geográfica denominada de Região de Xingó, utilizando-se das tecnologias proporcionadas pelo Sensoriamento Remoto e Sistemas de Geoinformação, identificando as possíveis interações entre os meios físico e sócio-econômico e espacializando as ocorrências deste fenômeno ambiental de causas antrópicas.

Objetivou-se, então, avaliar o potencial destes instrumentais tecnológicos para tais finalidades, através de séries temporais e multiespectrais de imagens de satélite combinadas com mapas digitais e dados descritivos dos indicadores sócio-econômicos, onde, no transcorrer da pesquisa, pretendeu-se estabelecer as relações de causa e efeito e documentar a evolução do fenômeno no período em estudo, para então finalizar com algumas proposições de prevenção e combate aos processos de desertificação, consciente de que em um sistema vivo, a compreensão das partes não leva necessariamente à compreensão do todo, pois este necessita de uma contextualização transdisciplinar e integrada.

Além disso, uma proposta metodológica foi formulada no sentido de integrar diversas tecnologias de tratamento da informação espacial com o objetivo de contribuir para a detecção e o combate à desertificação no semi-árido nordestino – um tema atual e em constante evolução no meio acadêmico que desperta um profundo interesse não apenas para

a agenda governamental brasileira, como também para todas as nações que lidam com o problema.

Os aspectos conceituais referentes à desertificação como um fenômeno nitidamente antrópico foram observados, passando pela análise de seus indicadores de situação (sócio-econômicos e climáticos) e especificamente de desertificação (vegetação, solos e recursos hídricos), ambos consagrados pela literatura científica atual. Características físicas e suscetibilidades da região semi-árida foram descritas, identificando os núcleos de desertificação e enfocando a questão das secas como um fator importante, embora não determinante, dos processos de desertificação, além dos impactos ambientais, sociais e econômicos. Pela importância espectro-textual, os ecossistemas onde predominam a cobertura vegetal de Caatinga foram descritos detalhadamente em seus domínios naturais com relação às diferenças fisionômicas (porte, densidade, espécie e xerofilismo). Assim, a Caatinga foi definida como uma mata tropical seca, que apresenta características relacionadas à deficiência hídrica, com plantas herbáceas anuais, suculência, acúleos e espinhos, sendo constituída de vegetais lenhosos e com uma composição florística não uniforme, resultando num alto grau de biodiversidade. Foi também tratada a questão do desafio do desenvolvimento sustentável no semi-árido nordestino brasileiro, onde a dialética dos limitados recursos naturais e a necessidade de crescimento econômico das populações vem se convertendo numa preocupação prioritária de programas governamentais.

Também estudou-se o potencial do instrumental geotecnológico disponível sob o ponto de vista do meio ambiente, uso do solo e análises espaciais baseadas em processos espaço-temporais e modelos físicos e sócio-econômicos. O Sensoriamento Remoto com o Processamento Digital de Imagens, suas técnicas e resultados obtidos em relevantes trabalhos científicos sobre o tema foram abordados detalhadamente. Complementou o capítulo um ensaio sobre a dinâmica evolutiva na modelagem de sistemas ambientais.

Além disso, foram tratados os aspectos físicos, ambientais e sócio-econômicos da área de estudo escolhida: a Região de Xingó. Inserida no encontro de quatro estados (Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe), a região é cortada pelo rio São Francisco e tem expressiva representação na matriz energética do Nordeste brasileiro, através das usinas hidrelétricas da CHESF instaladas na região. Neste contexto, foi concebido, em meados de 1996, o Programa Xingó, hoje conhecido como Instituto Xingó, apoiado numa inserção institucional representada por uma iniciativa intergovernamental de fomento à Ciência e Tecnologia em prol do desenvolvimento regional, integrado e sustentável, unindo a CHESF, o CNPq e a SUDENE, além de diversas universidades federais e estaduais da região e outros órgãos governamentais. Tratou-se, dentre outros aspectos importantes, de uma abordagem crítica das ações deste instituto sob o ponto de vista de sua viabilidade geotecnológica.

Para a extração das informações espaciais e devido à extensa natureza geográfica da região, tornou-se imprescindível a visão sinótica proporcionada pelas imagens de satélite, aliadas às possibilidades de análises temporais e espectrais dos sensores remotos. Foram coletados dados ambientais referentes aos índices pluviométricos do período em estudo, verificando-se quais as melhores datas de aquisição das cenas orbitais, considerando-se picos mensais acumulados de mínimo e de máximo em ciclos climáticos. Os dados, métodos, parâmetros, programas computacionais, equipamentos eletrônicos, procedimentos, análises, pesquisa de campo e resultados obtidos na experimentação laboratorial foram, então, detalhados. Datas, imagens de satélite, mapas, rotinas, programas e rotinas específicos, dados pluviométricos, censitários e sócio-econômicos foram utilizados dentro de um modelo metodológico e conceitual visando a implementação de um SIG que pudesse modelar o mundo real da área de estudo e, assim, tornar-se capaz de responder às demandas objeto desta pesquisa. Através do cruzamento de diversos dados espaciais e descritivos em séries temporais (1989 – 1995 – 2003), foi então estabelecida uma metodologia para abordar o problema acadêmico sob um ponto de vista alicerçado em um novo paradigma tecnológico: a integração do Sensoriamento

Remoto e dos Sistemas de Geoinformação, apoiando-se em suas técnicas de classificação supervisionada e de análise espacial. Para validar os resultados obtidos em laboratório, um conjunto de pontos-objeto georreferenciados foi identificado no campo e então documentado por fotografias digitais do ambiente em estudo.

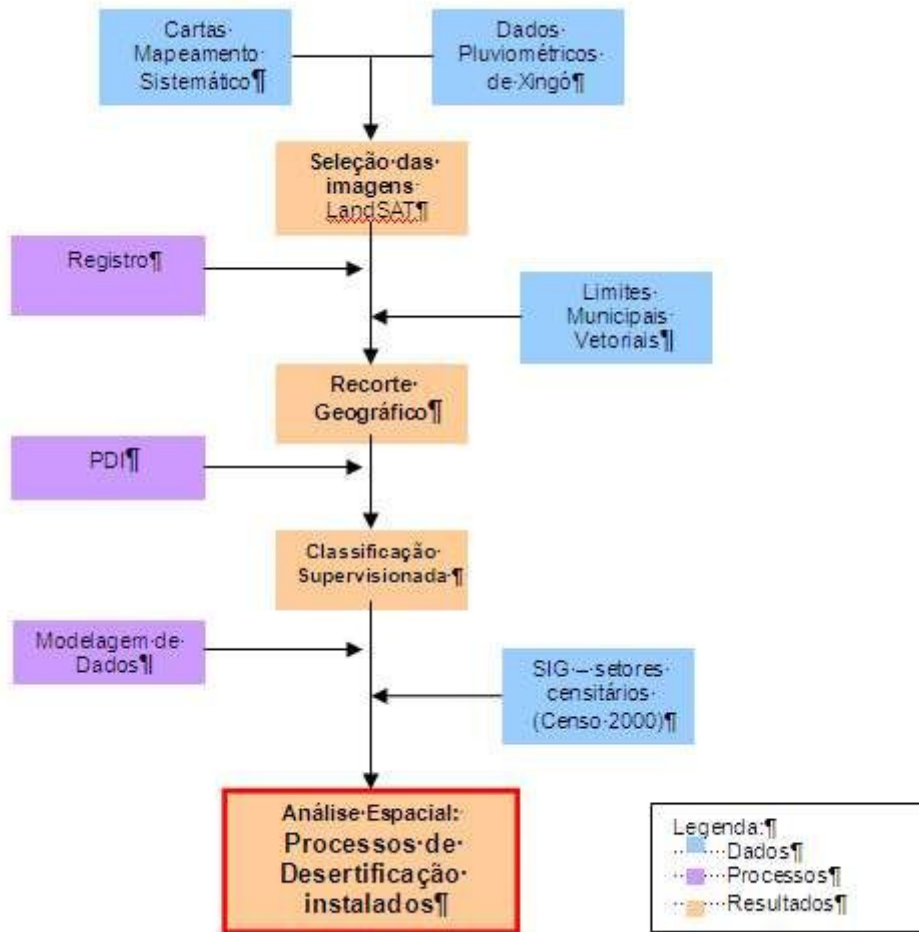


Figura 2 : Fluxograma geral da metodologia utilizada na pesquisa
Procedimento para a elaboração do mapa base e interpretação da imagem

2.1 Mapa Base Vetorial

O Mapa Base Vetorial (Figura 1) foi confeccionado a partir da digitalização das cartas topográficas produzidas pela SUDENE, IBGE e Ministério do Exército e representadas pelas folhas Paulo Afonso, Delmiro Gouveia, Santa Brígida, Piranhas, Pão de Açúcar e Santana do Ipanema, na escala de 1:100.000. Os programas computacionais utilizados para o tratamento das cartas rasterizadas, georreferenciamento e posterior vetorização manual dos temas de interesse das cartas foram o Autocad 2002 e o CAD Overlay 2002, onde foram reconhecidos os dados básicos (rede de drenagem, rede viária, sítios urbanos e industriais, dentre outros). A cena orbital original foi obtida junto ao INPE (2001), identificada pela Cena 215 e Órbita 067 do Sistema LandSAT 7 ETM+, com data de aquisição em 05/2001. Um recorte geográfico foi efetuado sobre a cena original, objetivando delimitar a área de estudo. Uma Carta-imagem foi, então, confeccionada, através de técnicas de Processamento Digital de Imagem - PDI,

utilizando as bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Foram plotados no mapa base e na carta-imagem quatro pontos, cujas coordenadas foram rastreadas em campo, com o uso de receptor GPS (Global Positioning System) de navegação, orientado ao Sistema Geodésico Brasileiro (sistema SAD-69 e projeção em UTM), identificando as quatro áreas estudadas: caatinga arbórea densa, caatinga arbórea aberta, caatinga arbustiva e pasto.

2.2 Processamento Digital de Imagem – PDI

Com o objetivo de avaliar o estado de conservação dos remanescentes florestais de caatinga, fez-se necessário o processamento de imagem de satélite para a classificação supervisionada das áreas em diferentes estágios de degradação, tomando-se como base a diversidade e a estrutura da cobertura vegetal.

A classificação supervisionada da imagem de satélite, e posterior mapeamento temático da classificação, consistiu na aquisição de áreas amostrais das classes em estudo (caatinga arbórea densa e aberta, caatinga arbustiva, água, pasto e solo exposto), da análise dos resultados (matriz de covariância) e da quantificação das classes (áreas classificadas). Utilizou-se um limiar de aceitação de 99% para o classificador de máximoverossimilhança. O programa computacional utilizado foi o Spring versão 6.03.

A primeira etapa da interpretação foi delimitar as áreas estudadas, levando em consideração a hierarquia da cobertura vegetal nos diferentes estágios de degradação.

Técnicas de realce de contraste foram utilizadas para proporcionar melhor qualidade visual aos alvos identificados na superfície. Pontos de controle extraídos das cartas da DSG, na escala de 1:100 000, foram então identificados na imagem, objetivando-se o registro e a correção geométrica das bandas espectrais, utilizando-se um polinômio de 1º grau.

A resolução espacial da imagem é de 30m e a resolução espectral tem 6 bandas, destacando-se a banda 3, que reflete a vegetação verde, densa e uniforme, a qual apresenta bom contraste entre os tipos de cobertura vegetal; a 4, que reflete os corpos d'água, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e a identificação de áreas agrícolas; e a 5, que apresenta o teor de umidade da vegetação (Eastman, 2002).

A data passagem foi de 02/maio/2001 as 12:24:12h. A imagem de satélite reflete o ambiente dentro das condições edafoclimáticas dos meses de janeiro a abril de 2001, que choveu entre 13 e 69 mm mensais (Tabela 1).

Mês	Ano	Precipitação/mm
Janeiro	2001	13.6
Fevereiro	2001	41.1
Março	2001	68.9
Abril	2001	23.5

Quatro polígonos foram extrapolados no raio de 3 km do ponto central, sendo estes rastreados por um GPS de navegação (portanto, no modo absoluto) durante pesquisa de campo, para cada área estudada, obtendo-se uma estimativa média de erro posicional de cerca de 5m em torno de cada ponto.

3. Resultados e Discussão

3.1 Mapa de Estágios de Degradação da Área de Estudo

Como resultado das junções das cartas topográficas e sobreposição da imagem de satélite obteve-se um Mapa de Estágios de Degradação da Área de Estudo (Figura 4). Nele estão plotados os municípios do entorno a UHE Xingó, bem como delimitada a área de estudo.

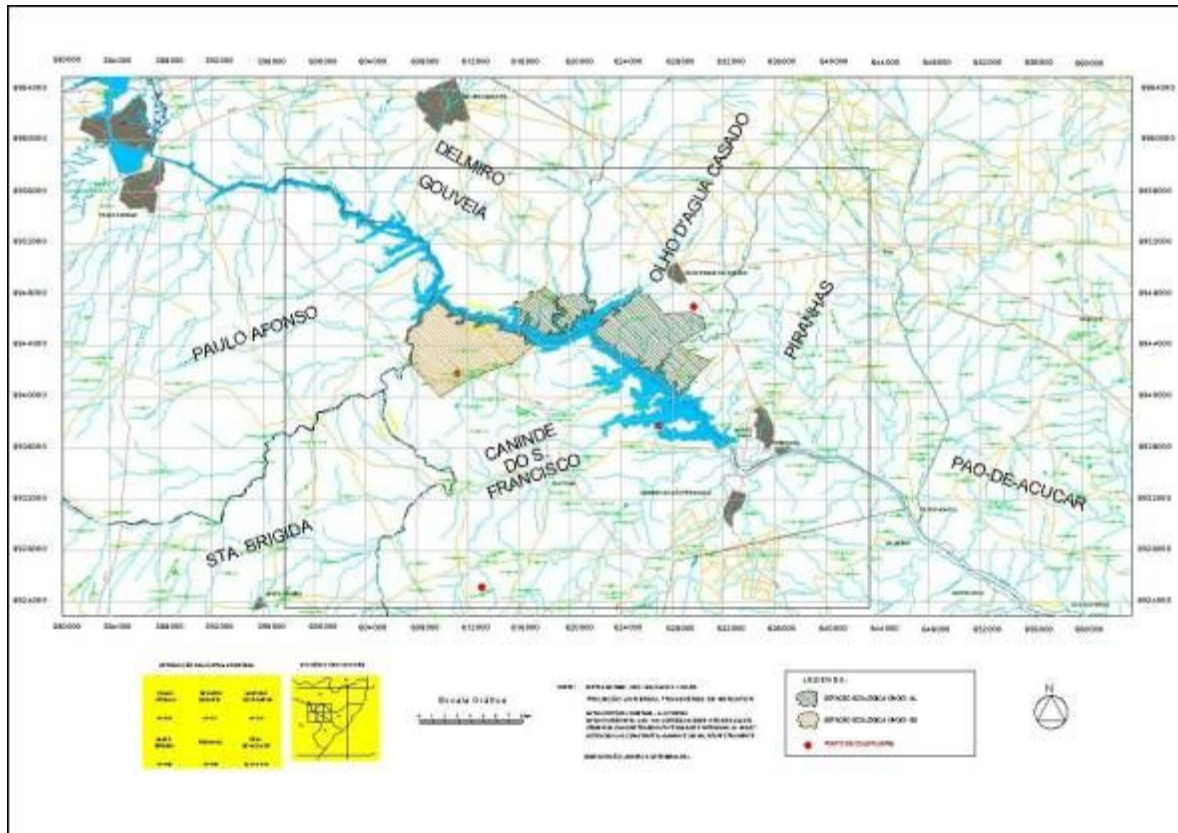


Figura 3 : Mapa Base Vetorial da área de estudo

3.2 Interpretação da área de estudo

As imagens obtidas por sensores remotos apresentam elementos básicos de análise e interpretação, que extraem informação de objetos e áreas. Esses elementos são tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, altura, padrão e localização (Florenzano, 2002).

Foram delimitadas quatro áreas, através da interpretação de imagem de satélite, levando em consideração a hierarquia da cobertura vegetal nos diferentes estágios de degradação.

Após o processamento digital da imagem e do mapa temático “Avaliação dos Estágios de Degradação da Vegetação Caatinga” (Figura 4), foram quantificadas as áreas das classes dos diferentes estágios de degradação e aplicados testes geostatísticos elaborados pelo software Spring, que permitiu verificar a Matriz de Erros de Classificação.

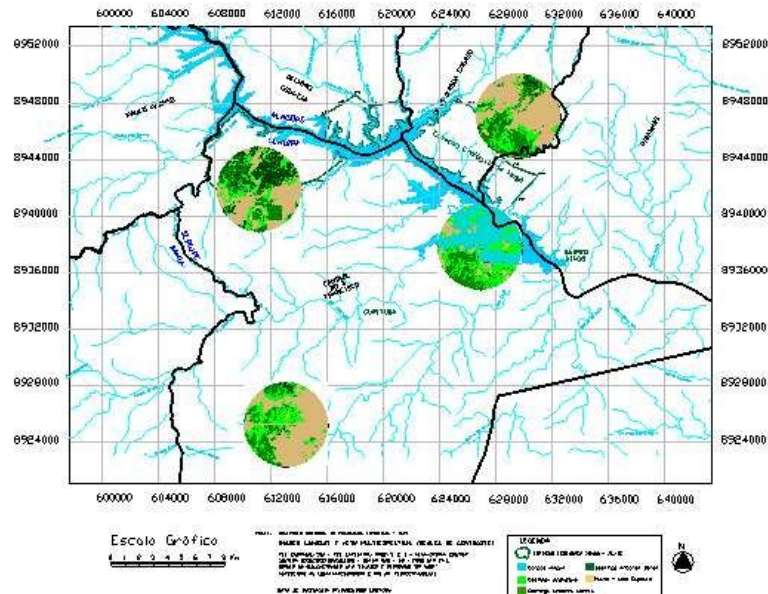


Figura 4 : Mapa de Estágios de Degradação da Vegetação Caatinga nas Áreas de Estudo no Entorno da Usina Hidroelétrica de Xingó no NE do Brasil

Os resultados obtidos indicaram que as matrizes de erros das classificações supervisionadas das fitofisionomias selecionadas tiveram um desempenho geral em torno de 98% das áreas classificadas.

Os trabalhos de campo comprovaram as veracidades terrestres das classes apresentadas na imagem de satélite. Deste modo, foi possível confrontar as áreas selecionadas para coleta com as identificadas na imagem, podendo as classes serem extrapoladas no entorno dos polígonos estudados.

As classificações dos polígonos das quatro áreas estudadas foram feitas e calculadas individualmente pelo Spring. Foram definidos cinco níveis de classificação para cada polígono. Assim, pode-se avaliar o nível de degradação ambiental do entorno da área central de estudo.

3.3 Classificações das áreas em diferentes estágios de degradação

Foi realizada a classificação da vegetação pelo Spring nos polígonos estudados (Figura 4). Cada polígono corresponde em sua maior expressão territorial às respectivas áreas analisadas, sendo: polígono 1 (caatinga arbórea densa), polígono 2 (caatinga arbórea aberta), polígono 3 (caatinga arbustiva) e polígono 4 (pasto). Para todas as áreas, foram classificados parâmetros, que são os diferentes níveis de degradação. Esta classificação foi feita individualmente nos polígonos, para avaliar e quantificar os estágios de degradação do entorno do ponto central estudado.

Através da descrição das áreas estudadas foi possível analisar a composição florística em relação ao nível de degradação. Avaliando a riqueza de espécies vegetais encontrados nas quatro áreas, a área de caatinga arbórea aberta foi a mais preservada em composição, riqueza e abundância de indivíduos.

Cada fitofisionomia classificada tem uma composição florística diferente, com espécies endêmicas da caatinga (Giulietti *et al.*, 2002). As formas de vida da vegetação também são diferentes para as áreas monitoradas. A vegetação da área de caatinga arbórea densa apresentou cinco diferentes formas de plantas como árvores, arbustos, lianas, ervas e pequenos arbustos, também referidos por Bautista (1988) e Veloso (1992). Enquanto que no pasto houve uma abundância de ervas em relação as demais fitofisionomias.

Como parâmetro de monitoramento ambiental, as áreas estudadas foram descritas segundo a sua composição florística e formas de vida das espécies vegetais em relação ao nível de degradação. Giulietti *et al.*(2002) mencionam espécies endêmicas para o bioma, que neste trabalho estão sinalizadas com asterisco (*).

A áreas estudadas são definidas como: caatinga arbórea densa, que é predominantemente arbórea, intercalada de árvores jovens, arbustos, pequenos arbustos, lianas e ervas; caatinga arbórea aberta, que possui árvores esparsas, associadas a arbustos e plantas herbáceas; caatinga arbustiva, que é caracterizada por arbustos e ervas ruderais; e pastagem, que possui um estrato herbáceo abundante no período chuvoso e cortes regulares da vegetação para a agricultura.

Através do mapa temático “Estágios de Degradação da Vegetação Caatinga na Área de Abrangência da Usina Hidroelétrica de Xingo” (Figura 4 e Tabela 2), pode-se constatar que a área mais preservada é aquela representada pelo polígono 1. As demais áreas estão bastante ameaçadas pelos desmatamentos e pela pecuária extensiva.

3.4 Classificação do polígono 1 – Caatinga arbórea densa

A classificação dos diferentes níveis de degradação mostra, através do cálculo das áreas pelo Spring, que o polígono 1 foi o mais preservado (Figura 5). Obteve-se um total de 18,30 km², mais que as áreas de pastagem e solo exposto, que é de 17, 68 km².

Houve um desempenho geral de 92.73 % para esta classificação. A partir dos cálculos geoestatísticos, foi constatado que, para a quantificação das classes (áreas classificadas), obteve-se uma variância de 1.439 e 004. Isto significa que a classificação foi bastante satisfatória, considerando-se a escala aplicada (1:100.000).

A Fazenda Cana Brava possui uma caatinga arbórea densa, correspondente à área mais preservada deste ecossistema. A vegetação predominante é arbórea com espécimes apresentando diâmetro a altura do peito, maior ou igual a 30 cm. Nela encontram-se intercaladas de árvores jovens, arbustos, pequenos arbustos, lianas e plantas herbáceas. A altura do dossel é, geralmente, acima de 10 metros.

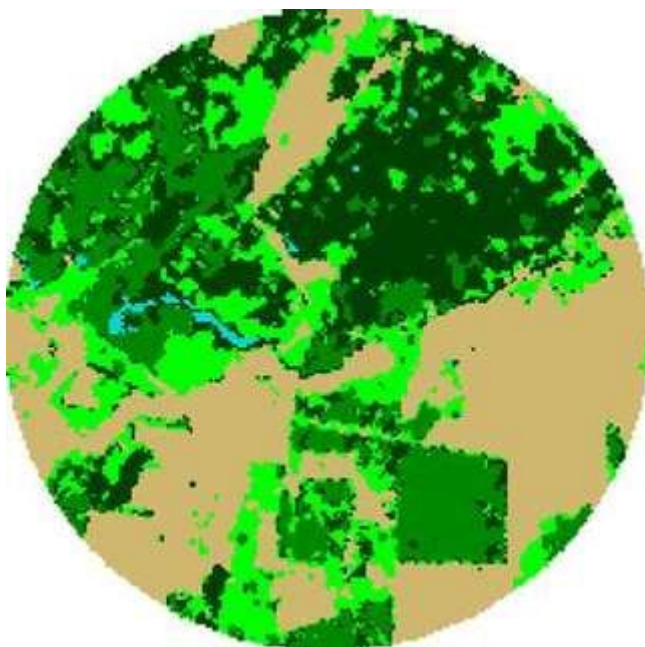


Figura 5 : Polígono 1 classificado

Fisionomias	Polígonos/km ²			
	1	2	3	4
Água	0,19	0,00	10,28	0,00
Caatinga arbórea densa	7,34	0,45	0,0	0,92
Caatinga arbórea aberta	4,67	5,23	4,52	7,16
Caatinga arbustiva	6,28	6,79	10,47	5,00
Pasto e solo exposto	17,68	23,69	3,22	15,40

A caatinga arbórea densa é uma floresta relativamente aberta, quando comparada com as florestas tropicais úmidas. Entre as árvores ocorrem Cactaceae como **Pilosocereus gounellei* (Weber) Byles & Rowley, **P. piauhyensis* (Gürke) Byles & Rowley e **Cereus jamacaru* DC (Andrade-Lima, 1981, Fonseca, 1991).

As espécies arbóreas predominantes são: *Cordia insignis* Cham., *Zizyphus joazeiro* Mart., *Mimosa tenuiflora* Benth, *M. acutistipula* (Mart.) Benth., *Senna splendida* (Vogel) Irwin & Barneby, *Anadenanthera macrocarpa* Benth, *Caesalpineia ferrea* Mart. ex Tul., **Acacia piauhiensis* Benth., *Erythrina velutina* Willd., **Guettarda angelica* Mart. ex Muell. Arg. Os

arbustos que predominaram no local foram *Conocliniopsis prassifolia* (DC.) R. King. & H. Robins., *Vernonia chalybaea* Mart ex DC., *Wedelia* sp. **Hohenbergia catingae* Ule, *Chamaecrista hispidula* Mart ex DC., *C. repens* (Vogel) Irwin & Barneby e *Melochia tomentosa* L.

As lianas predominantes são *Canavalia dictyota* Piper, *Centrosema brasilianum* (L.) Benth., *Dioclea grandiflora* Mart. ex Benth, *Zornia brasiliensis* Vog., *Jacquemontia* sp. e *Ditassa hastata* E. Fourn. Durante a estação chuvosa, forma-se um tapete de ervas que florescem durante 3 a 4 meses. Esse estrato desaparece durante o período seco. Os principais representantes são: *Evolvulus* sp., *Merremia aegyptia* (L.) Urb., *Ipomoea nil* (L.) Roth (L.) Roth, *Waltheria indica* L.

3.5 Classificação do polígono 2 – Caatinga arbórea aberta

A classificação mostra que a área analisada reflete um alto grau de antropismo. A cobertura vegetal se encontra degradada pela expansão da pecuária extensiva e carvoarias, existentes nos arredores da área estudada (Figura 6).

As áreas de caatinga arbórea aberta estão concentradas nos platôs, ou encostas íngremes dos serrotes, enquanto que, na depressão sertaneja, predomina a caatinga arbustiva com árvores esparsas.

O cálculo demonstra que as áreas com cobertura vegetal ainda existente são menores que o valor com pastagem e solo exposto. Somando todas as áreas com vegetação, a cobertura vegetal é equivalente a 34,5%, enquanto que 65,5% são representadas pelas áreas devastadas. O desempenho geral do Spring foi de 96.77 % da área total do polígono. Isto indica que as amostras selecionadas como base foram satisfatórias para este tipo de análise. Diante disto, não houve abstenção de áreas classificadas.

Na Fazenda Brejo, a caatinga arbórea aberta corresponde a uma área com árvores esparsas, com porte entre 7 e 10 metros, e diâmetro a altura do peito de até 30 cm, associadas a arbustos espinhosos e plantas suculentas.

O extrato herbáceo é formado por ervas ruderais e aglomerados de *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schultes. e *Hohenbergia catingae*. As ervas apresentam-se intercaladas com pequenos arbustos como *Sida galheirensis* Ulbr., *Croton rhamnifolius* (Baill.) Müll. Arg., *Stylosanthes viscosa*, que se juntam aos arbustos e árvores jovens de **Caesalpinia pyramidalis* Tul., **C. mycropylla* Mart. Ex G. Don **Aspidosperma pyrifolium* Mart., **Allamanda blanchetii* A. DC., mas que não alcançam um porte arbóreo.

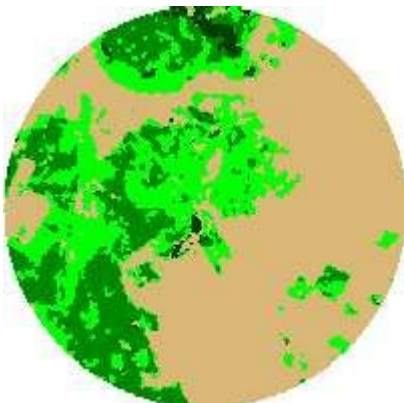


Figura 6 : Polígono 2 classificado

Neste ambiente as lianas predominantes foram *Ditassa hastata*, *Cardiospermum corindum* L., *Serjania glabrata* Kunth e *Banisteriopsis* sp.

Em locais com açudes ou depressões ocorrem plantas higrófilas como *Echinodoros grandiflora* (Cham. et Schlecht.), *Eichornia paniculata* (Mart.) Solms e *Plumbago scandens* L. As áreas úmidas eram margeadas com os arbustos *Melochia tomentosa* e *Indigofera suffruticosa* Mill.

3.6 Classificação do polígono 3 – Caatinga arbustiva

Na área foi registrado um total de 10,47 km² de caatinga arbustiva e 4,52 km² de caatinga arbórea aberta. Mesmo sem ocorrência de fragmento de caatinga arbórea densa, por estar em processo de regeneração, o cálculo da cobertura vegetal é maior que a de pastagem e solo exposto (Figura 7).

O desempenho geral do Spring foi de 98.32 % e a base geo-estatística com Variância KHAT: 5.761e-005.

No Sítio Justino, há o predomínio de caatinga arbustiva, com porte médio de 2,0 m e diâmetro a altura do peito não ultrapassando a 10 cm. Algumas árvores jovens alcançam até 3 m de altura como *Cnidosculus quercifolius* Pohl. e *Aspidosperma pyrifolium* associadas aos cactos *Pilosocereus gounellei* (Weber) Byles & Rowley, *P. piauhyensis* (Gürke) Byles & Rowley.

Os arbustos predominantes da área são: *Caesalpinia pyramidalis*, **Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., *Melochia tomentosa*, *Sida galheirensis* e *Croton rhamnifolius*, entremeados com cactos das espécies **Opuntia palmadora* K. Schum. e **O. inamoema* Britton & Rose.

Por ser uma área arbustiva densa, o estrato herbáceo só ocorre próximo de açudes, ou às margens da represa. As plantas herbáceas representantes são **Herrissantia tiubae* (K. Sch.) Briz., *Centratherum punctatum* Cass., *Cnidosculus urens* (L.) Arthur, *Staelia virgata* (Cham. & Schltl.) K. Schum.

Algumas árvores esparsas como *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.), **Spondias tuberosa* Arr. Cam. e *Myracrondrum urundeuva* Fr. All. Benth servem de sombreamento para a criação extensiva de bovinos e caprinos pelos moradores do local.

A caatinga arbustiva é uma área em regeneração localizada às margens do cânion do Rio São Francisco. A área foi desmatada no período de 1985 a 1990 para a construção dos diques de contenção da represa Usina Hidroelétrica de Xingó, além da exploração dos sítios arqueológicos encontrados no local.

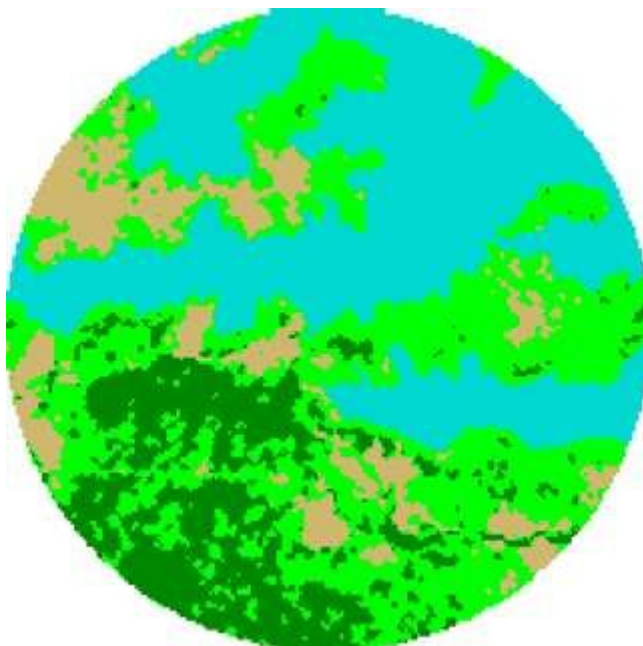


Figura 7 : Polígono 3 classificado

3.7 Classificação do polígono 4 – Pastagem

Obteve-se um resultado de 45,9% da cobertura vegetal de caatinga e 54,1% de pastagem e solo exposto (Figura 8). As áreas com vegetação de caatinga arbórea aberta e arbustiva estão localizadas dentro da Estação Ecológica de Xingó, as de caatinga arbórea densa estão em locais de difícil acesso, no platô e encosta íngreme da Serra de Olho d'Água/AL.

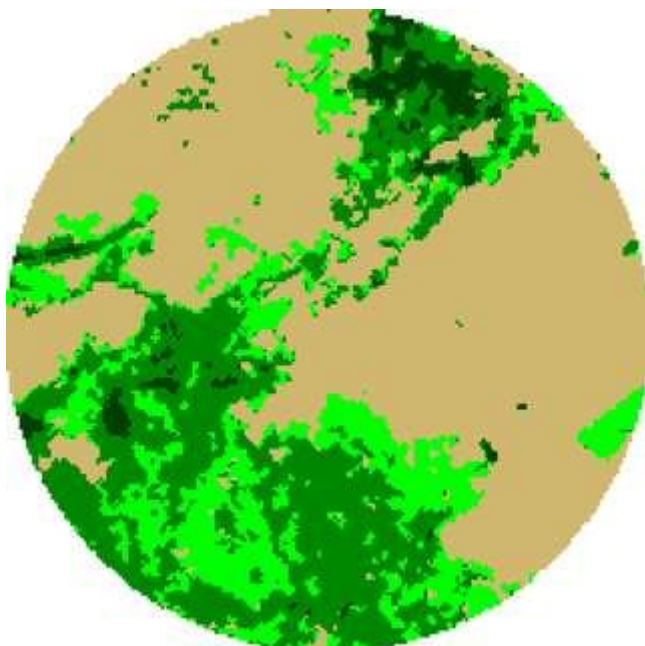


Figura 8 : Polígono 4 classificado

Nas áreas de pediplano sertanejo estão presentes as pastagens e solos expostos, que apresentam um total de 15,40 km². Nestas áreas, são feitos cortes anuais da vegetação ruderal, no período chuvoso, para o cultivo de subsistência. Na maior parte do ano, que é seca, as ervas não brotam e se sobressai o solo exposto.

Para esta área (polígono 4), o Spring teve um desempenho geral de 98.75 % e base geo-estatística com Variância KHAT: 1.126 e-004.

A Fazenda Capelinha é um ambiente de pastagem, que tem uma vegetação herbácea e alguns arbustos intercalados que florescem no período chuvoso. As ervas predominantes nos meses chuvosos (de maio a agosto/2002) foram *Centratherum punctatum*, *Heliotropium angiospermum* Murray, *Chamaecrista repens* (Vogel) Irwin & Barneby, *Evolvulus* sp., *Crotalaria holosericea* Nees & Mart., *Sida ciliaris* L., *Richardia grandiflora* (Cham. & Schltdl.) e *Boerhavia coccinea* Mill. Alguns arbustos que floriram neste período foram *Indigofera suffruticosa*, *Stylosanthes viscosa*, *Melochia tomentosa* e *Sida galheirensis*.

As espécies arbóreas encontradas no local foram indivíduos de *Tabebuia aurea*, **Spondias tuberosa*, *Prosopis juliflora* (SW.) DC. e **Zyziphus joazeiro*.

Na área pratica-se a pecuária extensiva de gado bovino, caprino e ovino. Também se pode constatar o corte contínuo e a queima das leiras (galho e folhas da vegetação ruderal), para o preparo do solo e plantio de feijão e milho, no período chuvoso.

3.8 Representação quantitativa das quatro áreas classificadas

Os cálculos das áreas classificadas dos polígonos mostram que a caatinga arbórea densa abrange 8,1 km², a caatinga arbórea aberta, 21,58 km², e a caatinga arbustiva, 28,54 km². As

somas das áreas dos estratos arbóreos e arbustivos não ultrapassaram a área de pastagem e solo exposto, que foi de 59,99 km² ou 51% (Tabela 3).

Fitofisionômica	Área (km ²)	%
Caatinga arbórea densa	8,71	7
Caatinga arbórea aberta	21,58	18
Caatinga arbustiva	28,54	24
Pasto e solo exposto	59,99	51

4. Discussão

De modo geral, o uso conjunto do sensoriamento remoto e a experiência dos trabalhos de campo foram preponderantes para as análises espaciais da área de estudo. Aplicações espaço-temporal, como é o caso do monitoramento da cobertura vegetal, passaram a ser mais viáveis de serem realizados.

Conservar as áreas com cobertura vegetal, arbustivo-arbóreo e as pastagens naturais, são importantes para a comunidade de plantas e animais da caatinga. Como a diversidade não se apresenta uniformemente distribuída, vale ressaltar a preservação das áreas, para melhor avaliar a distribuição da diversidade ambiental.

Os diferentes estágios de degradação da caatinga estão associados à variação natural e composição florística, agregada à pressão antrópica, também referidos por (Fonseca 1991) e representada pela pecuária e agricultura de subsistência, instaladas nos ambientes mais favoráveis, como também menciona Lins (1989) e Sampaio e Mazza (2000). A heterogeneidade do ambiente reflete diferentes características em cada estágio de degradação, sendo estas responsáveis pela distribuição de espécies vegetais numa escala de paisagem (Forman 1999, Bigarella *et al.* 1994).

A caatinga tem uma história de devastação antiga, que resultou na fragmentação da vegetação, formando-se sucessivos estágios de degradação (Coimbra-Filho e Câmara 1996, Sampaio e Mazza 2000). O potencial florístico de valor forrageiro da caatinga (Drumond *et al.* 2000) e o clima favorável a pecuária, fizeram com que houvesse uma ocupação desordenada da população (Sampaio & Mazza 2000). Com a rápida ocupação da população, houve um intenso uso das espécies vegetais para os mais diversos fins (lenha, carvão, medicinal, etc.), entretanto o corte da vegetação para a pastagem deixou-a menos densa (Pinto 1986). A vegetação desmatada não foi substituída por outra formação vegetal, apenas houve um empobrecimento de espécies, comparada àquela que existia antes (Ferri 1980; Sampaio, 2002).

5. Conclusão

O resultado obtido da classificação possibilitou quantificar a vegetação caatinga, e avaliar se estágios de degradação podem interferir na composição florística das fitofisionomias encontradas.

As atividades antrópicas na área estudada estão avançando sobre a vegetação ainda existente, sem haver um controle ou fiscalização eficiente por parte dos órgãos oficiais competentes.

O uso extensivo da pecuária e o manejo inadequado da vegetação de caatinga têm proporcionado uma redução ou fragmentação das áreas com vegetação ainda preservada. A classificação supervisionada das fitofisionomias apresentadas reconheceu que as áreas de caatingas arbóreas densa e aberta são menores que a área de pastagem e solo exposto. Diante disso, seria de fundamental importância a inclusão destas áreas na Unidade de Conservação existente, a Estação Ecológica de Xingó.

6. Referências bibliográficas

- Andrade, M. C. 1988. A problemática da utilização econômica da caatinga. Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional, Feira de Santana, Bahia, Brasil. Anais. p. 27-36.
-
- Andrade-Lima, D. 1981. The caatinga dominium. Revista Brasileira de Botânica, 4: 149-153.
-
- Bautista, H. P. 1988. Espécies arbóreas da caatinga – sua importância econômica. Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional, Feira de Santana, Bahia, Brasil. Anais.
-
- Coimbra-Filho, A. F. e I. G. Câmara. 1996. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região nordeste do Brasil. FBCN (Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza), Rio de Janeiro, Brasil.
-
- Drumond, M. A., Kiill, L. H. P., Lima, P. C. F., Oliveira, M. C., V. R., Albuquerque, S. G., Nascimento C. E. S. M., e Cavalcante, J. 2000. Estratégias para uso sustentável da biodiversidade da caatinga. Workshop de avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga, Petrolina, Pernambuco, Brasil. Anais. p. 23.
-
- Eastman, J. R. 1995. Introduction to remote sensing and image processing. IDRISI for Windows User's Guide. Cark University, 17.
-
- Ferri, M. G. 1980. A Vegetação Brasileira. EDUSP, São Paulo, Brasil. 35-37.
-
- Florenzano, T. G. 2002. Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de textos. São Paulo-SP. 98.
-
- Fonseca, M. R. 1991. Análise da vegetação arbustivo-arbórea da caatinga hiperxerófila do Nordeste do Estado de Sergipe. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.
-

- Forman, R. T. T. 1999. Land mosaics: the ecology of landscape and regions. Cambridge University Press, Cambridge, London.
-
- Giulietti, A. M., Harley, R. M., Queiroz, L. P., Barbosa, M. R. V., Bocage Neta, A.L de. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. Vegetação e flora da caatinga. Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade bioma Caatinga. Petrolina, Pernambuco, Brasil. 103-118.
-
- 2001. Boletim Meteorológico. 3: 25.
-
- R. C. (Coord.). 1989. As áreas de exceção do agreste de Pernambuco. Sudene, Recife, Brasil.
-
- Maciel, L. N. Q., Mota-Filho, F. O. 2001. Processo de desertificação: o caso de Belém do São Francisco/PE. Anais. IX Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE. 2: 37.
-
- Pinto, G. C. P. 1986. Manejo ecológico da caatinga. Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional. Feira de Santana, Bahia, Brasil.
-
- Programa de Levantamento Geológico Básico do Brasil. 1988. Piranhas - folhas SC.24-X-C-VI Sergipe/Alagoas/Bahia, Brasília, Brasil.
-
- RADAMBRASIL. 1983. Levantamento de recursos naturais (anexo); folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife. Vol. 30. Rio de Janeiro, Brasil.
-
- Rizzini, C. T. 1997. Tratado de fitogeografia do Brasil. Âmbito cultural Edição Ltda, Rio de Janeiro, Brasil.
-
- Sampaio, E. V. S. 2002. Usos das plantas da caatinga. Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade bioma Caatinga. Petrolina, Pernambuco, Brasil. 49-90.
-
- Sampaio, E. V. S. B. 1995. Overview of the Brazilian caatinga. Bullok, S. H., Mooney, H. A. e Medina, E. (eds.) Seasonal dry Tropical forests. Cambridge University Press, Cambridge, London. 35-63.
-
- Sampaio, E. V. S. B., Souto, A., Rodal, M. J. N., Castro, A. A. J. F., Hazin, C. 1994. Caatingas e cerrados do NE – biodiversidade e ação antrópica. Conferência Nacional e Seminário Latino-Americano da Desertificação – Anais. Fortaleza, Fundação Grupo Esquel Brasil, Brasília. 260.
-
- Sampaio, Y., e Mazza, J. E. 2000. Diversidade sócio econômica e pressão antrópica na caatinga nordestina. Workshop de avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga, Pernambuco, Petrolina, Brasil. 2-8.
-
- Silva, A. M., Silva, H. P., Maciel, L. N. Q., Dougan-Neto, R. M., Pereira, E. C., Mota-Filho, F. O., Stocker, E. 2001. Efeitos do desmatamento em solo Bruno Não Cálculo no

município de Floresta-PE. Anais. IX Congresso Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade federal de Pernambuco, Recife, PE. 295-296.

-
- Veloso, H. P., Rangel-Filho, A. L. R. J., Lima, C. A. 1992. Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil.
-

GEODÉSIA *online* · 3/2006 · [ISSN 1415-1111]
Revista da Comissão Brasileira de Geodésia