

## Mapeamento temático de Áreas susceptíveis a Desertificação no Semi-árido nordestino

**Admilson P. Pacheco** (admilpp@ufpe.br)  
**Neison Cabral Ferreira Freire** (neisonfreire@ibest.com.br)  
**Utaiguara da Nóbrega Borges** (utaiguara@yahoo.com.br)

Universidade Federal de Pernambuco  
Depto. de Engenharia Cartográfica  
Rua Acad. Hélio Ramos, s/n – Cid. Universitária – Recife - PE

**RESUMO** : As novas tecnologias de sensoriamento remoto para o monitoramento ambiental de grandes áreas, associadas ao desenvolvimento de sistemas de geoinformação que permitem análises espaço-temporais precisas e acuradas sobre um determinado fenômeno, natural ou antropogênico, indicam um novo caminho para a pesquisa científica sobre o complexo, vital e contemporâneo tema da **desertificação**. Dentro desse contexto esse artigo tem como objetivo desenvolver uma nova metodologia para a pesquisa da desertificação no semi-árido nordestino, ao processar, extrair e cruzar dados espectrais captados pelos sensores remotos a bordo de satélites de observação da Terra, com dados de setores censitários rurais oriundos dos censos demográficos, em séries temporais correlatas, abrangendo o período de 1989 a 2003, para a área de estudo escolhida: os seis municípios mais próximos ao lago da Usina Hidrelétrica de Xingó, no Baixo São Francisco. Nesse artigo será tratada uma parte da metodologia que se refere ao mapeamento temático da área.

**Palavras Chaves:** Sensoriamento Remoto, SIG, Desertificação

**ABSTRACT** : The new technologies of remote sensing for the environmental of great areas, associated to the development of geoinformação systems that you/they allow analyses space-storms necessary and perfected on a certain phenomenon, natural or human, indicate a new road for the scientific research on the compound, vital and contemporary fears of the desertification. Inside of that context that article has as objective develops a new methodology for the research of the desertification in the semi-arid Northeasterner, when processing, to extract and to cross ghasly data captured by the sensor ones remote on board satellites of observation of the Earth, with data of sections rural census originating from of the demographic censuses, in temporary series you correlate, embracing the period from 1989 to 2003, for the study area chosen: the closer six municipal districts to the lake of the Hydroelectric Plant of Xingó, in Low San Francisco. In that article it will be treated a part of the methodology that refers to the thematic mapping of the area.

**Kei Words:** Desertification, Remote Sensing, Envaromental Degradation.

## INTRODUÇÃO

Determinar com precisão quais são os indicadores de desertificação não é uma tarefa fácil, devido, por um lado, à falta de consenso entre os pesquisadores no âmbito mundial e, por outro, às diversas particularidades regionais. O assunto, porém, reveste-se de fundamental importância, pois os critérios adotados serão primordiais na delimitação das regiões desertificadas e, conseqüentemente, no estabelecimento de ações que darão suporte às medidas de prevenção, reabilitação e recuperação das áreas degradadas, por parte do poder público e da sociedade civil organizada, além de definir a prioridade geográfica de maior urgência de intervenção no combate à desertificação.

O processo de desertificação pode ser caracterizado como um ciclo vicioso, onde “suas causas também são seus efeitos” (ARAÚJO et alli, 2002). O fenômeno se inicia com a degradação crescente da cobertura vegetal para suprir, essencialmente, demandas enérgicas (carvão vegetal) da população ou aberturas de novas áreas para pastagem. A partir deste início, com o curto regime de chuvas irregulares e torrenciais típico do semi-árido nordestino, começa a erosão nas áreas atingidas, que por sua vez causa a diminuição da capacidade de retenção de água pelos solos e a conseqüente redução de biomassa, uma vez que menores aportes de matéria orgânica chegam ao solo. No processo, a vegetação se torna cada vez mais rala e pobre em biodiversidade e porte, favorecendo a radiação solar que, por sua vez, disseca ainda mais o solo e acelera a erosão, aumentando a aridez, e retroalimentando um processo de “simplificação ecológica, onde a ação do homem tem tido papel fundamental”.

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.

## 1 - PROCESSAMENTO DOS DADOS

Nesta pesquisa, utilizou-se o método de classificação “*pixel-a-pixel*” que identifica regiões homogêneas a partir da informação espectral isolada de cada *pixel*, fazendo, ainda, uso da teoria de probabilidade por métodos estatísticos. Assim, o resultado da classificação digital é apresentado por classes espectrais (áreas que possuem características espectrais semelhantes), considerando-se a relação entre a resposta espectral dos alvos de interesse na pesquisa e as classes a serem mapeadas. De fato, tem-se como resultado final de um processo de classificação uma única imagem digital composta por um mapa de *pixels* classificados, representados, neste caso, por cores.

No processo de classificação, um grande número de NC's é transformado num pequeno número de classes temáticas. Como existem regiões na imagem em que se tem conhecimento da realidade de campo, através de pesquisas realizadas desde março de 2000 no Laboratório de Geoprocessamento INPE/Xingó, a Classificação Supervisionada pode ser empregada, tendo-se o cuidado de identificar nas imagens diversas áreas de treinamento representativas e homogêneas de cada classe de interesse na pesquisa, porém observando a inclusão de toda a variabilidade espectral dos alvos em estudo.

Foram definidas seis classes temáticas a serem mapeadas pelo método: Área urbana, Corpos d'Água, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva, Pasto/cultivo e Solo exposto.

Para cada classe foram identificadas doze amostras em cada uma das três datas, fazendo um subtotal de setenta e duas amostras para cada data e um total de duzentas e dezesseis amostras. Cada conjunto de doze amostras produziu uma Matriz de Erro que foi analisada isoladamente, sendo refeita algumas vezes até atingir um desempenho geral  $\geq 95\%$  para cada data pesquisada. Isto garantiu a qualidade das amostras para a posterior classificação.

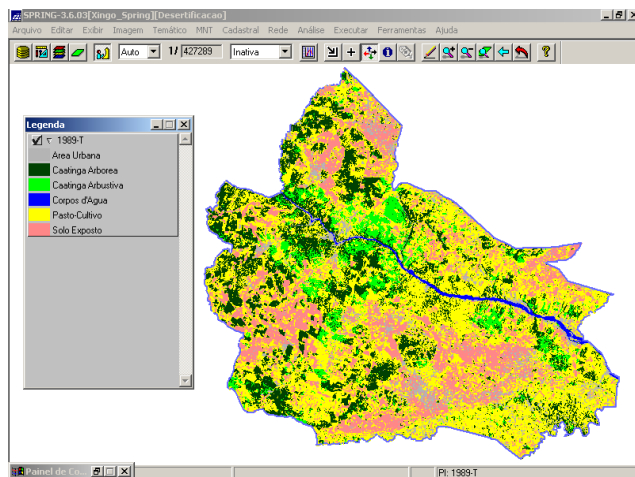
Embora as classificações tenham sido realizadas sobre as bandas espectrais originais, cada amostra foi avaliada visualmente sobre as diversas técnicas de PDI testadas anteriormente, objetivando-se a confirmação da homogeneidade e exatidão da amostra em relação à classe temática a qual pertencia. A matriz de erro de classificação apresenta a distribuição de porcentagem de *pixels* classificados correta e erroneamente; as colunas representam o total percentual por classe.

O classificador utilizado foi o de MAXVER, pois este considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, onde um conjunto de amostras de treinamento define o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento.

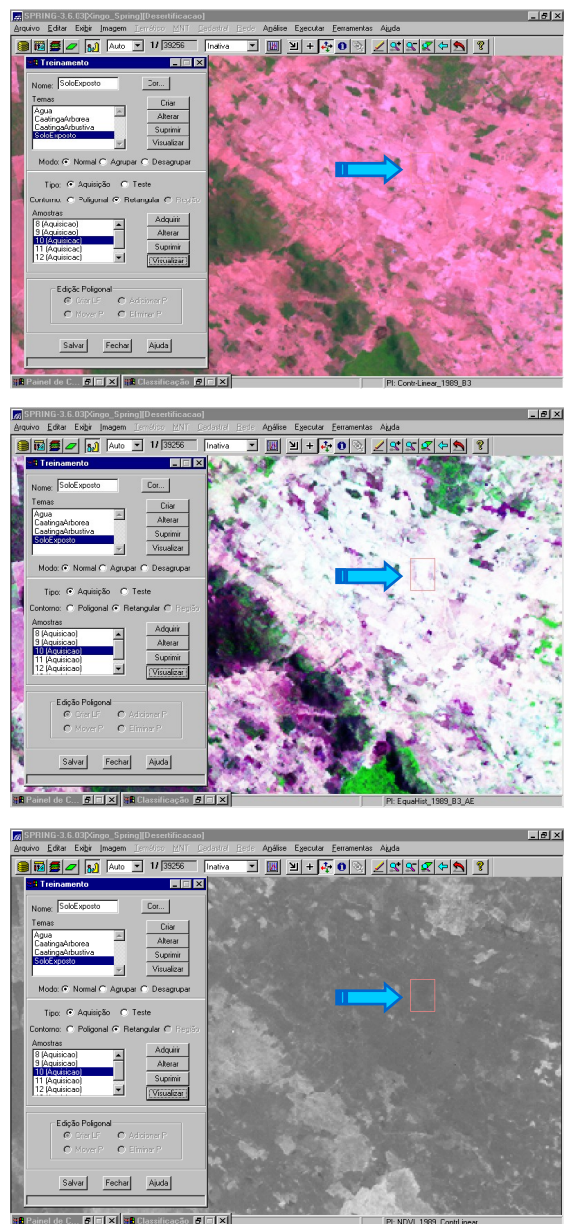
Ao considerar, por exemplo, duas classes com distribuição de probabilidade distinta de um *pixel* pertencer a uma classe ou a outra dependendo de sua posição em relação a esta distribuição, o *pixel* que se situar na região onde as duas classes se sobrepõem estão sujeitos à definição de limiares de aceitação do classificador – um critério de decisão do usuário. Os limites de classificação são definidos a partir de pontos de mesma probabilidade de classificação de uma e de outra classe. Na Figura 01, por exemplo, um *pixel* localizado na região sombreada, apesar de pertencer à classe 2, será classificado como classe 1, pelo limite de aceitação estabelecido. Assim, objetivando a diminuição da confusão entre as classes, ou seja, uma redução desta sobreposição entre as distribuições de probabilidades das classes, diversas aquisições de amostras significativas de alvos distintos foram adquiridas, bem como as avaliações das matrizes de classificação dessas amostras.

Esta avaliação concluiu que o conjunto de amostras foi bastante satisfatório, atingindo uma média de 96% de exatidão para a maioria das classes identificadas nas imagens. Como limiar de aceitação, adotou-se o valor de 100% para uma completa classificação de todos os *pixels* na imagem.

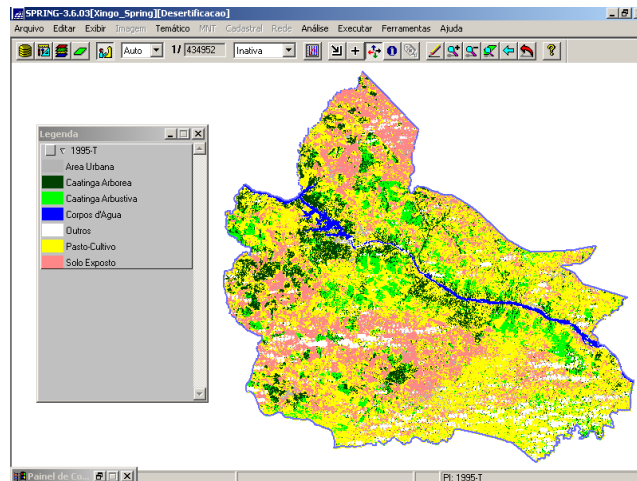
Assim, foram realizadas as classificações supervisionadas nas três datas de imagem da pesquisa: 1989, 1995 e 2003, obtendo-se o mapeamento temático temporal da área de estudo, conforme ilustram as Figuras 02, 03 e 04, respectivamente.



**Figura 2:** Mapeamento temático obtido a partir de Classificação Supervisionada na imagem de 11/03/89, identificando as classes de interesse.



**Figura 1:** Avaliação visual das amostras de treinamento para a classificação supervisionada, considerando-se os diversos PDI's anteriormente realizados (Data: 11/03/89): ao alto, análise de uma amostra da classe "Solo Exposto" sobre uma composição colorida RGB 543; ao centro, a mesma amostra sobre uma Equalização de Histograma; acima, a mesma amostra sobre o NDVI com Contraste Linear aplicado.

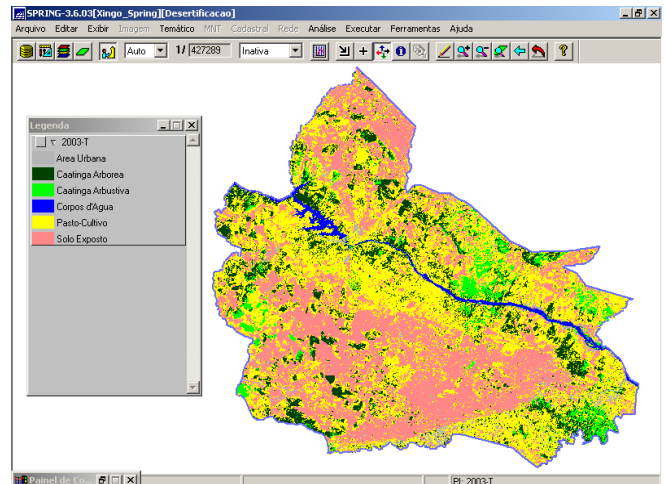


**Figura 3:** Mapeamento temático obtido a partir de Classificação Supervisionada na imagem de 06/10/95, onde se observa uma discreta presença de nuvens na área.

Para compreender com maior precisão e acurácia a localização espacial dos processos de desertificação, foi elaborada uma Análise Espacial, a partir do desenvolvimento de um aplicativo em LEGAL, implementado no Spring.

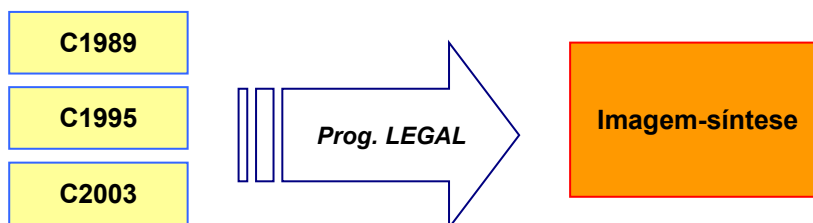
A estrutura de uma programação em LEGAL exige as seguintes etapas:

- Declarações de variáveis (no caso, as imagens classificadas e a imagem-síntese a ser gerada);
- Instanciações<sup>4</sup> de variáveis (basicamente, quem são estas variáveis no sistema e seus parâmetros operacionais);
- Operações de álgebra de mapas (quais são as operações espaciais a serem efetuadas com as variáveis anteriormente declaradas);
- Comandos de controle.



**Figura 4:** Mapeamento temático obtido a partir de Classificação Supervisionada na imagem de 05/01/03.

A Figura 05 ilustra um fluxograma da programação desenvolvida em LEGAL: os dados de entrada, o processamento em LEGAL e a saída gráfica da Análise Espacial.



**Figura 5:** Diagrama da Análise Espacial para o período 1989 – 1995 – 2003: dados de entrada com as imagens classificadas, a programação em LEGAL e a saída gráfica como uma imagem-síntese da Análise Espacial.

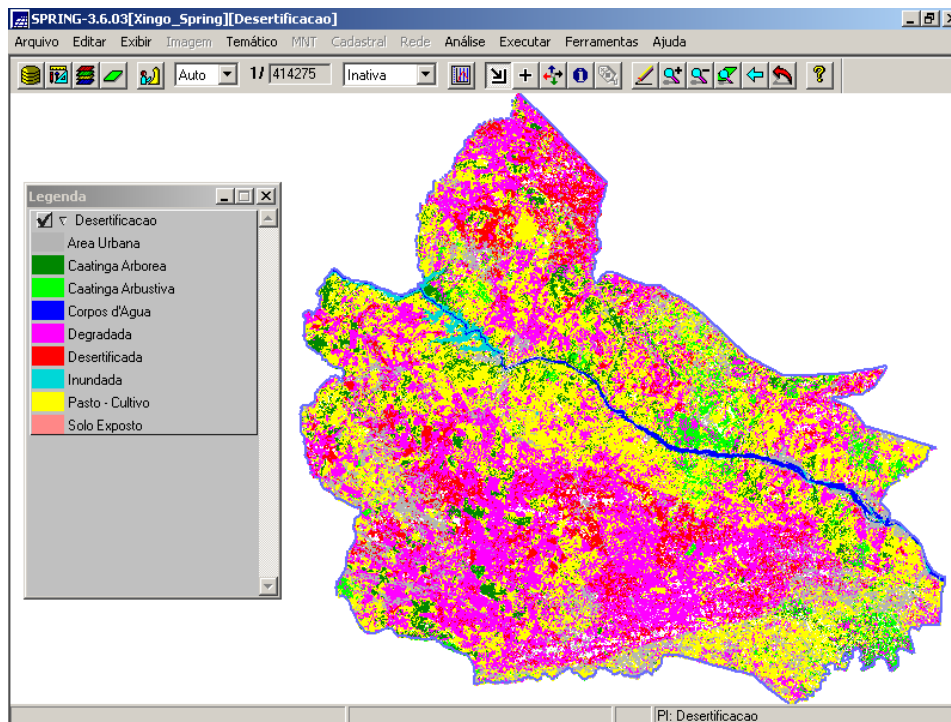
Tem-se como objetivo avaliar o comportamento espacial dos alvos ao longo do período observado, especialmente com relação aos indicadores de desertificação, neste caso, a diminuição da cobertura

4 Identificação dos dados no sistema em relação às variáveis antes declaradas.

vegetal de caatinga e o avanço de solo exposto. De fato, para efeito desta análise-síntese da grave situação ambiental em Xingó, considerou para a programação em LEGAL que:

- Áreas que sempre permaneceram como “Solo exposto” nas três datas são consideradas áreas “Em processo de desertificação” (na legenda, “Desertificada”), e aparecem na cor vermelha na imagem-síntese;
- São consideradas “Áreas degradadas” (na legenda, “Degradada”), aparecendo na cor magenta, idem:
  - Áreas que eram cobertas por vegetação de caatinga em 1989 e/ou 1995 e em 2003 tornou-se “Solo exposto”;
  - Áreas que em 1989 e/ou 1995 eram cobertas por “Caatinga arbórea” e em 2003 tornou-se “Caatinga Arbustiva”, pois isto indica perda de biomassa, certamente por atividades ilegais de extração de madeira;
  - Áreas que em 1989 e/ou 1995 eram urbanas, pasto ou cultivo e em 2003 transformaram-se em “Solo Exposto”;
- Houve algumas poucas recuperações de caatinga no período, sendo todas essas áreas enquadradas na respectiva classificação identificada em 2003;
- Algumas áreas permaneceram com as mesmas classes no período em estudo, sem alterações em seu padrão de cobertura.

O algoritmo desenvolvido, chamado “Degradação”, está publicado no Quadro 01, o resultado em termos espaciais pode ser visto na Figura 06.



**Figura 6:** Imagem-síntese gerada em LEGAL, a partir dos dados das imagens classificadas de 1989, 1995 e 2003: observa-se a expressiva degradação ambiental ocorrida no período (na cor magenta), a redução significativa da caatinga em decorrência do aumento das pastagens e áreas agrícolas e da ocorrência de processos de desertificação (na cor vermelha), principalmente na margem direita do rio São Francisco (SE).

**Quadro 01** – Algoritmo “Degradação”, desenvolvido em LEGAL, objetivando uma Análise Espacial sobre áreas degradadas em Xingó, no período 1989 – 1995 – 2003; executado no *Spring*, sendo necessários 01h48min12s para o processamento dos dados:

```
{
// Programa em LEGAL para
// detectar areas desertificadas e degradadas
// em Xingó
// Autor: Neison Cabral Ferreira Freire
// UFPE - DECart - Pos-Grad em C. Geodesicas e Tec. da Geoinformação
// Data: 14-julho-2003, Revisado e Ampliado em 30-nov-2003

// Faz o cruzamento entre PI's tematicos
// Classif Sup 1989, 1995 e 2003
// identificando avanco de areas degradadas e desertificadas

Tematico T1989, T1995, T2003 ("Classificacoes");
Tematico Degrada ("Analises");
T1989 = Recuperar (Nome = "1989-T");
T1995 = Recuperar (Nome = "1995-T");
T2003 = Recuperar (Nome = "2003-T");
Degrada = Novo (Nome = "Desertificacao", ResX=30, ResY=30, Escala=100000);
Degrada = Atribua (CategoriaFim="Analises")
{
"Desertificada": (T1989.Classe == "Solo Exposto" && T1995.Classe == "Solo Exposto" && T2003.Classe == "Solo Exposto" &&
T2003.Classe == "Solo Exposto"),

"Degradada": ((T1989.Classe == "Caatinga Arbustiva" && T2003.Classe == "Solo Exposto")|(T1989.Classe == "Caatinga Arborea"
&& T2003.Classe == "Solo Exposto")
|(T1989.Classe == "Caatinga Arborea" && T2003.Classe == "Caatinga Arbustiva")
|(T1989.Classe == "Pasto-Cultivo" && T2003.Classe == "Solo Exposto")
|(T1989.Classe == "Corpos d'Agua" && T2003.Classe == "Solo Exposto")
|(T1989.Classe == "Area Urbana" && T2003.Classe == "Solo Exposto")
),

"Corpos d'Agua": ((T1989.Classe == "Corpos d'Agua" && T2003.Classe == "Corpos d'Agua")),

"Inundada":((T1989.Classe == "Caatinga Arbustiva" && T2003.Classe == "Corpos d'Agua")
|(T1989.Classe == "Caatinga Arborea" && T2003.Classe == "Corpos d'Agua")
|(T1989.Classe == "Solo Exposto" && T2003.Classe == "Corpos d'Agua")
|(T1989.Classe == "Area Urbana" && T2003.Classe == "Corpos d'Agua")
|(T1989.Classe == "Pasto-Cultivo" && T2003.Classe == "Corpos d'Agua")),

"Caatinga Arbustiva": ((T1989.Classe == "Caatinga Arbustiva" && T2003.Classe == "Caatinga Arbustiva")|(T1989.Classe == "Solo
Exposto" && T2003.Classe == "Caatinga Arbustiva")
|(T1989.Classe == "Pasto-Cultivo" && T2003.Classe == "Caatinga Arbustiva")
),

"Caatinga Arborea": ((T1989.Classe == "Caatinga Arborea" && T2003.Classe == "Caatinga Arborea")
|(T1989.Classe == "Caatinga Arbustiva" && T2003.Classe == "Caatinga Arborea")
|(T1989.Classe == "Solo Exposto" && T2003.Classe == "Caatinga Arborea")
|(T1989.Classe == "Area Urbana" && T2003.Classe == "Caatinga Arborea")
),

"Area Urbana": ((T1989.Classe == "Area Urbana" && T2003.Classe == "Area Urbana")
|(T1989.Classe == "Pasto-Cultivo" && T2003.Classe == "Area Urbana")
|(T1989.Classe == "Caatinga Arborea" && T2003.Classe == "Area Urbana")
|(T1989.Classe == "Caatinga Arbustiva" && T2003.Classe == "Area Urbana")
|(T1989.Classe == "Solo Exposto" && T2003.Classe == "Area Urbana")
}
```

## 2 - MAPEAMENTO TEMÁTICO

Para complementar a análise, foi desenvolvido um **SIG** a partir dos dados da malha de setores censitários rurais (IBGE, 2003), associados aos dados dos Censos de 1991 e 2001. Objetivou-se, assim, associar mais um importante indicador de desertificação ao processo de análise, neste caso, os dados demográficos, especificamente a Densidade Populacional por Setor censitário Rural (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978; MATALLO, 1999; SAMPAIO & SAMPAIO, 2002).

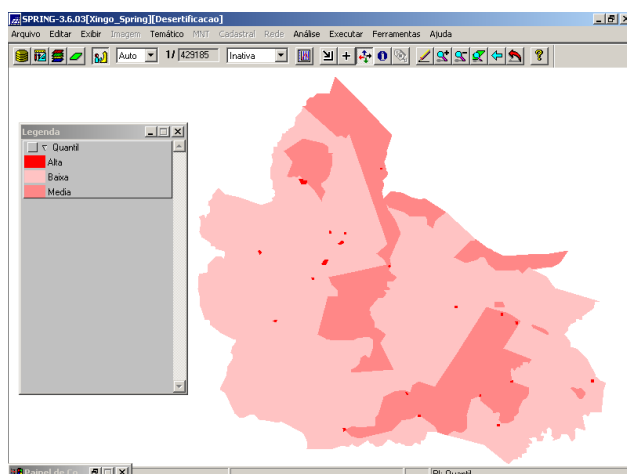
Os dados descritivos dos censos foram modelados num banco de dados *MS-Acess*, onde cada setor censitário foi associado, como chave-primária espacial, ao seu respectivo polígono na base cartográfica digital importada do *AutoCAD Map*.

Esta base, além de uma geometria de polígonos fechados, continha um código específico para cada setor censitário, na forma de texto e inserido dentro do seu respectivo polígono. A este identificador chama-se de centróide topológico que, além de conter os vínculos aos respectivos registros no banco de dados,

também contém os vínculos às tabelas topológicas do sistema *Spring*. Uma topologia de polígono foi criada no *AutoCAD Map* para a obtenção das áreas dos setores censitários rurais. Uma consulta (*query*) foi, então, realizada para obter-se uma tabela que relacionasse o código do setor censitário com sua respectiva área topológica, no formato \*.TXT. Depois, este arquivo digital foi importado no banco de dados MS-Access e uma nova consulta foi feita, cruzando-se os dados de SETOR, ÁREA, POPULAÇÃO e DENSIDADE POPULACIONAL.

Uma vez realizada a ligação dos centróides aos seus respectivos registros no banco de dados, realizou-se um mapeamento temático sobre População Total nestes setores, analisando o comportamento demográfico em relação ao Censo 2000. Utilizando-se dos conceitos de Estatística Espacial, objetivou-se caracterizar a densidade demográfica, procurando descrever a variação espacial da população na área de estudo.

Segundo CÂMARA (2000), “a distribuição de eventos cuja localização está associada a áreas (delimitadas por polígonos) não dispõe de sua localização exata, mas sim de um valor agregado por área”. Assim, o objetivo da análise será determinar a existência de um padrão espacial nos valores observados.



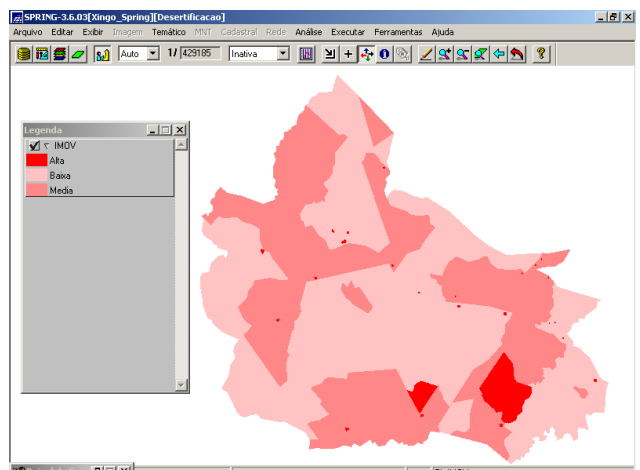
**Figura 7:** Mapa Temático: Densidade Demográfica em 2000, por quantis e desvio-padrão = 1.

Assim, utilizou-se o método da IMOV, que é uma técnica que explora o valor médio  $\mu_i$  do atributo na região de estudo, fornecendo uma visão das grandes tendências do fenômeno em estudo, neste caso, uma forte densidade populacional em algumas regiões periféricas ao lago da UHE Xingó, caracterizando núcleos de pressão demográfica circundando a UHE Xingó (Figura 08).

Concluindo o processamento dos dados e objetivando inferir um indicador social no estudo sobre as áreas desertificadas em Xingó, conforme analisado no Capítulo 2, este mapa temático de densidade populacional por média móvel foi, então, cruzado com o mapa temático da imagem-síntese produzido sobre as classificações supervisionadas das imagens de 1989, 1995 e 2003. Para fazer esta Análise Espacial, que é a síntese deste estudo ao identificar **áreas de risco à desertificação** (Anexo 1), um novo algoritmo em LEGAL foi desenvolvido para este cruzamento de dados (Quadro 14), considerando-se que:

- Áreas onde na imagem-síntese das classificações estão identificadas como “Em processo de desertificação” (ou “Desertificadas”) e no mapa temático de População indica “Alto Crescimento” demográfico no período, ou áreas onde na imagem-síntese das classificações estão identificadas como “Em processo de desertificação” e no mapa temático de População indica “Médio Crescimento”

A primeira análise foi realizada agregando os dados por quantis, divididos em três classes, de tal forma que cada classe tenha aproximadamente o mesmo número de valores (Figura 07). Entretanto, uma forma simples e útil de explorar a variação espacial dos dados é calcular a média dos valores dos vizinhos, produzindo uma primeira aproximação da variabilidade espacial, “pois a operação tende a produzir uma superfície menos descontínua que os dados originais” (FONSECA, 2000), sendo os setores censitários rurais influenciados pelo valor de seus vizinhos.



**Figura 8:** Mapa Temático: Densidade Demográfica em 2000, pelo método de Média Móvel, na área de estudo.

demográfico no período, ou eram áreas “Degradadas” e com densidade populacional média, foram consideradas áreas de risco “**Muito Grave**” do ponto de vista da desertificação, e foram assinaladas na cor vermelha;

- Áreas onde na imagem-síntese das classificações estão identificadas como “Degradadas” e no mapa temático de População indica médio crescimento demográfico no período, foram consideradas áreas de risco “**Grave**” do ponto de vista da desertificação, e foram assinaladas na cor amarela;
- Áreas onde na imagem-síntese das classificações estão identificadas como “Degradadas” e no mapa temático de População indica baixo crescimento demográfico no período, foram consideradas áreas “**Especiais**”, sujeitas à atenção e foram assinaladas na cor cinza claro;
- Outras áreas com situação estável ou em recuperação, foram assinaladas na cor branca.

### 3 - RESULTADOS OBTIDOS

Muitos foram os resultados ao longo da experimentação laboratorial desta pesquisa. A quantidade de informações processadas atingiram um espaço em disco rígido de 9,3 Gb e estão agora disponíveis para a pesquisa científica sobre o tema.

Enfim, após o processamento dos dados, constatou-se, no período 1989 - 2003: Aumento de 91,3% de solo exposto; Diminuição de áreas agropastoris de 21,2%; Diminuição de caatinga arbórea de 9,7%; Diminuição de caatinga arbustiva de 68,7%; Aumento de áreas urbanas ou antropizadas de 70%.

Observa-se uma forte correlação entre os dados de solo exposto e áreas agropastoris no período estudado. O aumento de solo exposto, corresponde uma diminuição das áreas agrícolas ou de pastagem. Por outro lado, à diminuição da cobertura vegetal natural da caatinga, observa-se, também, o aumento das áreas de solo exposto na Região de Xingó. De fato, não há uma correlação entre o desmatamento e aumento das áreas agropastoris.

Das classes naturais, a caatinga arbustiva foi a que regrediu em termos de área. Isso se explica, principalmente, pelo seu porte lenhoso e conseqüente disponibilidade energética para as populações rurais, além da necessidade de novas áreas agrícolas em substituição àquelas já exauridas por técnicas de cultivo inadequadas ao semi-árido ou mesmo pela expansão das fronteiras de pastagens extensivas.

Entretanto, os resultados obtidos na classe de caatinga arbustiva indicam uma possível sobreposição com a classe de pasto-cultivo, devido às semelhantes respostas espectrais dos alvos observados, ou seja, em ambas as classes têm-se uma vegetação caracterizada por arbustos e estrato herbáceo, com porte médio de 2 m e diâmetro a altura do peito não ultrapassando a 10 cm. Algumas árvores jovens alcançam até 3 m de altura como *Cnidoculus quercifolius* Pohl. e *Aspidosperma pyriformium* 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 outro lado, nas áreas de pastagens, observa-se 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. & Schtdl.) 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* (FREIRE et alii, 2003).

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.

Então, conclui-se que para um melhor discernimento entre estas classes um novo sensor com maior resolução espectral precisaria ser avaliado, situação esta não foi considerada no âmbito deste estudo.

A verdade terrestre foi avaliada a partir de seis expedições ao campo, onde 52 pontos pré-determinados em gabinete foram atingidos com o uso de receptor GPS, no processo de validação da pesquisa.

As áreas urbanas tiveram uma expressão territorial em 1989, devido principalmente às obras de construção da UHE Xingó. A diminuição verificada em 1995 deve-se à conclusão destas obras e depressão econômica diretamente relacionada. A recuperação das áreas urbanas torna-se evidente na classificação de 2003, com um aumento excepcional de 258% em relação ao ano de 1995. Entretanto, convém observar que a classe como um todo não representa mais que 11% da área total de estudo, evidenciando, mais uma vez, o caráter eminentemente rural desses municípios.

#### 4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.; SANTOS, M.; MEUNIER, I.; RODAL, M. **Desertificação e Seca**. Recife: Gráfica e Editora do Nordeste Ltda., 2002. 63 p.

ARONOF, S. **Geographic information system: a Management Perspective**. Canadá: WDL Publications, 1989.

FONSECA, L.; LOPES, E.; YAMAGUCHI, F.; VINHAS, L. **Processamento Digital de Imagens**. São José dos Campos, SP: INPE, 2000. (Apostila).

FREIRE, N.; MOURA, D.; PEREIRA, E.; SCHLINDWEIN, C.; PACHÊCO, A. **Classificação de Fitofisionomias no Entorno da Usina Hidrelétrica de Xingó, segundo Níveis de Degradação obtidos através do Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Recife, PE: UFPE, 2003. (no prelo.)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 1991 Agregado por Setores Censitários** – Vol. 2 Região Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM

MATALLO, H. **A Desertificação no Mundo e no Brasil**. In: SCHENKEL, C. S. & MATALLO, H. (org.). **Desertificação**. Brasília, DF: UNESCO, 1999. p. 9-25.

SAMPAIO, E.; SAMPAIO, Y. **Desertificação**. Recife, PE: Editora Universitária UFPE, 2002. 85 p.