

# ANÁLISE ESPACIAL DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO DE MUNICÍPIOS DO CARIRI PARAIBANO UTILIZANDO A FERRAMENTA DE ALGEBRA DE MAPAS DO ARCGIS

Rodrigo Carlos Silva TORRES<sup>1</sup>; Alzira Gabrielle Soares SARAIVA<sup>1</sup>; Ridelson Farias de SOUSA<sup>2</sup>; Michele BEPPLER<sup>2</sup>; Arnaldo Gomes GADELHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduandos do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB. Av. 1º de Maio, 720. CEP 58.015-430. Jaguaribe, João Pessoa – PB, Brasil. E-mail: [rodrigotorres12@gmail.com](mailto:rodrigotorres12@gmail.com); [saxzira@yahoo.com.br](mailto:saxzira@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Professores do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento do IFPB. E-mail: [ridelsonfarias@yahoo.com.br](mailto:ridelsonfarias@yahoo.com.br); [michelebeppler@cefetpb.edu.br](mailto:michelebeppler@cefetpb.edu.br); [gadelha.arnaldo@ig.com.br](mailto:gadelha.arnaldo@ig.com.br)

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo fazer análise espacial por meio de álgebra de mapas (geração de mapas temáticos que retratem a evolução espaço-temporal da dinâmica da degradação das terras para municípios do Cariri Paraibano). A metodologia fez uso da ferramenta de álgebra de mapas disponibilizada pelo *software* ArcGis 9.2, a partir da qual foi realizada uma sobreposição (*Overlay*) dos dados obtidos por Sousa (2007) no ambiente do Spring (PI dos níveis de degradação das terras dos municípios de São João do Cariri e São Domingos do Cariri, para os anos de 1987 e 2004), para geração de novos mapas que possibilitaram identificar espacialmente a localização da dinâmica das áreas em processo de desertificação que se recuperaram, daquelas que permaneceram estáveis e das que se degradaram ao longo do período analisado. Com base no cruzamento destes dados foram criados mais dois mapas (Mapas temáticos da dinâmica das áreas em processo de desertificação, ao longo dos rios, Taperoá e Paraíba). Os resultados mostraram a eficiência das ferramentas de sobreposição e de proximidade, em especial as operações de Intersecção, que possibilitou a identificação da dinâmica do processo de desertificação das áreas dos municípios analisados; e de proximidade (*buffer*), que possibilitou a análise detalhada da situação da dinâmica das áreas ao longo dos principais rios de cada município.

**Palavras-chave:** Análise Espacial. Álgebra de mapas. Degradação das Terras.

## 1 INTRODUÇÃO

Análise Espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita, ou seja, a idéia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer, pois compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos no espaço constitui hoje um grande desafio para elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento científico. Até recentemente, os trabalhos cartográficos eram feitos apenas em mapas e documentos em papel. Sendo assim, as informações eram geralmente de fácil acesso e manipulação, mas dificultavam uma análise que combinasse diversos mapas e dados. O desenvolvimento da tecnologia de computadores e de ferramentas matemáticas para análise espacial, que ocorreu na segunda metade do século XX, abriu possibilidades diversas, entre elas a habilidade de armazenar, recuperar e combinar os dados disponíveis sobre um território.

Tais estudos vêm se tornando cada vez mais comuns, devido à disponibilidade de sistemas de informação geográfica (SIG) de baixo custo e com interfaces amigáveis. Além do mais, basta dispor de um banco de dados e de uma base geográfica (como um mapa de município) que o SIG é capaz de gerar informações, que permite a visualização do padrão espacial do fenômeno e, também, a percepção visual da distribuição espacial do problema existente.

Portanto, a utilização das geotecnologias como ferramentas para detecção dos problemas ambientais auxiliado com recursos computacionais, no processamento e na utilização de dados provenientes de levantamentos realizados através de sensoriamento remoto, fotogrametria entre outras, além de tornar mais

ágil à geração de informações cartográficas, tem também permitido que sejam realizadas operações (análises espaciais) com esses dados que até então esbarravam nas limitações humanas de percepção, processamento e análise.

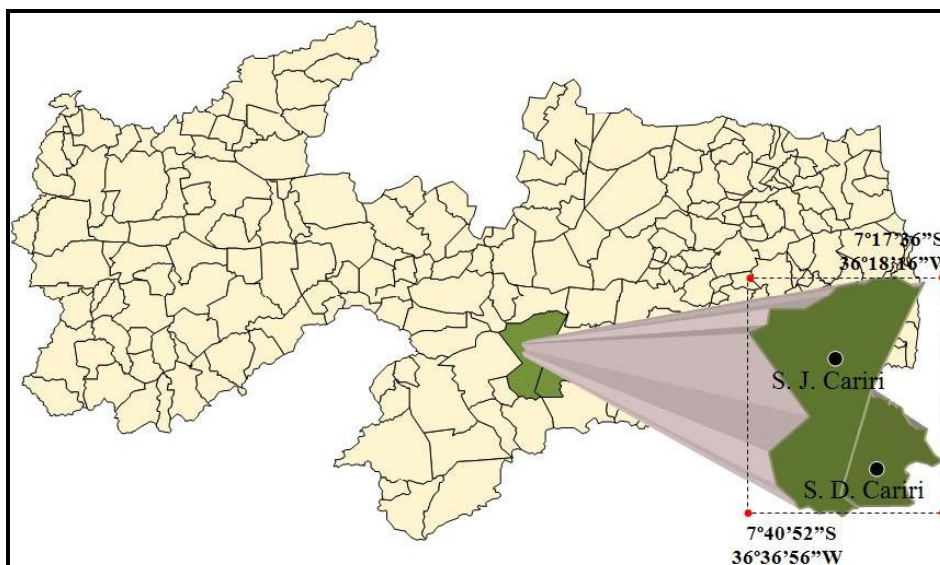
Com a ajuda da análise espacial, podem-se obter respostas sobre uma determinada questão ou solucionar um problema particular. A análise geográfica envolve mais de um conjunto de dados geográficos, fazendo com que o analista proceda uma série de passos para se chegar a um resultado final. Nesse contexto “álgebra de mapas” foi cunhado por Tomlin (1990) para indicar o conjunto de procedimentos de análise espacial em geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é importar a base de dados obtidos por Sousa (2007) no ambiente do Spring 4.3.3 (PI dos níveis de degradação das terras dos municípios de São João do Cariri e São Domingos do Cariri, para os anos de 1987 e 2004) para o ArcGis 9.2, para geração de novos mapas que possibilitem a identificação e a localização espacial da dinâmica das áreas em processo de desertificação (áreas que ao longo deste período se recuperaram, permaneceram estáveis e aquelas que se degradaram). Com base nestes dados, o trabalho tem como objetivo específico a geração de análises de proximidade (*Buffer*), ao longo dos principais rios dos municípios em estudo, o rio Taperoá, em São João do Cariri, e o rio Paraíba, em São Domingos do Cariri.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na microrregião Cariri Oriental inserida na mesorregião da Borborema (semi-árido paraibano), compreendendo os municípios de São João do Cariri e São Domingos do Cariri, que possuem uma área territorial de aproximadamente 924,02 km<sup>2</sup> e se encontram entre as coordenadas geográficas 7°17'86" e 7°40'52" de latitude Sul e 36°18'16" e 36°36'56" de longitude Oeste.



**Figura 1. Área de estudo**  
**Fonte: Adaptado do IBGE (2009)**

São João do Cariri é um antigo município da Paraíba, fundado em 1800. Ele possui uma área territorial de 701,86 km<sup>2</sup> e está a uma altitude média de 458m, distando 214 km de João Pessoa (Capital da Paraíba). Já São Domingos do Cariri (222,16 km<sup>2</sup>) foi fundado em 1961 como distrito subordinado ao município de Cabaceiras e elevado à categoria de município em 1994, estando a 212 km de distância da capital paraibana. De acordo com IBGE (2009), os referidos municípios possuem, respectivamente, uma população de 4.438 e 2.265 habitantes.

Nos municípios encontram-se núcleos de desertificação de dimensões bastante expressivas; a área é caracterizada por terras pobres (altos índices de degradação) e carentes de recursos hídricos; além do mais, o

êxodo rural se intensificou nos últimos anos e no período de estiagem chega ser um desafio conseguir mão-de-obra para a lida da terra e, tendo em vista a estrutura fundiária bastante concentrada e as condições adversas, a pouca área desses imóveis inviabiliza a implantação de atividades agropecuárias sustentadas (SOUSA, 2007).

## 2.2 Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada a base de dados obtidos por Sousa (2007), contendo os dados temáticos (PI dos níveis de degradação das terras, drenagem, limites municipais e os mapas digitais) dos anos de 1987 e 2004, na escala 1:150.000, dos municípios de São João do Cariri e São Domingos do Cariri.

Utilizando o *software* SPRING, os referidos dados, que se encontravam no formato matricial (raster), foram convertidos para vetores; sendo posteriormente exportados para arquivos do tipo *shapefiles*, formato nativo do *software* ArcGIS, onde o presente trabalho foi desenvolvido.

Os mapas temáticos importados adotaram as seguintes classes de degradação das terras: açudes, muito baixo, baixo, moderado, moderado grave, grave, muito grave. O foco do trabalho foi o cruzamento desses planos de informações (PI) para geração de novos mapas. Utilizando-se recursos do ArcGis, fez-se um levantamento da situação da degradação das terras para dois períodos distintos, 1987 e 2004, cruzando as classes do ano de 1987 com as do ano de 2004. Tal procedimento teve como propósito determinar se houve recuperação ou comprometimento desses recursos, identificando espacialmente a localização da dinâmica das áreas que permaneceram estáveis, daquelas que se recuperaram e das que se degradaram.

A título de organização, os dois municípios foram divididos em dois *Data Frames*. Depois dos dados estarem adicionados, foi feita a simbolização, através de cores para as classes de ambos os anos para facilitar as suas identificações e, posteriormente, a realização das análises espaciais.

Após esses procedimentos, o *ArcToolbox*, componente do ArcGIS, foi utilizado. Este aplicativo apresenta cerca de 150 tipos de ferramentas, dentre elas a conversão de dados, cruzamento de planos de informação (PI), sistemas de projeção, e muitas outras, como a *Analysis Tools*, responsável pelas funções de análise espacial (ESRI, 2010). Dos vários tipos de análises disponíveis na ferramenta, foi selecionada a opção *Overlay* (sobreposição), por apresentar as características necessárias para o andamento do trabalho. Foram feitos testes para escolher que tipo de sobreposição apresentaria melhores resultados ao trabalho. A partir destes testes foi observado que o *Intersect* era a melhor opção, pois não apresentou nenhum erro, preservando características das áreas de interesse relativas às duas épocas, dando resultados satisfatórios ao trabalho, como consequência, uma boa precisão na identificação das áreas em estudo.

Como os atributos associados às classes dos anos de 1987 e 2004 estavam em formato de texto (SPRCLASSE e SPRCLASS\_1), precisou-se transformá-las no formato numérico, para isso foram criadas três novas colunas (CLASSN, CLASS\_1 e Atual\_Situ) na tabela de atributo dos novos *shapefiles*, gerados a partir da análise espacial. Associado às colunas SPRCLASSE e SPRCLASS\_1 às novas colunas CLASSN e CLASS 1. Tais classes após transformadas em formato numérico, foram associadas à terceira coluna criada (Atual\_Situ) também em formato numérico, o que possibilitou a geração dos novos mapas da dinâmica das áreas que permaneceram estáveis (1), daquelas que se recuperaram (2) e das que se degradaram (3).

Para transformação das classes, a metodologia adotou os seguintes números: Para Açudes “0”, Muito Baixo “1”, Baixa “2”, Moderada “3”, Moderada grave “4”, Grave “5” e muito grave “6”.

Essa associação foi possível através da ferramenta de seleção do ArcGIS – *Select by attributes*, fazendo a seleção das classes e com a ferramenta *Field Calculator* foi possível associar às classes das colunas SPRCLASSE e SPRCLASS\_1, em formato de texto, para CLASSN e CLASS 1, em formato numérico.

Com a conclusão do preenchimento das colunas, CLASSN e CLASS 1, iniciou-se o preenchimento da coluna Atual\_Situ, com o mesmo procedimento adotado nas outras colunas; usou-se o *select by attributes* com as seguintes operações: “CLASS 1 = CLASSN”, “CLASS 1 < CLASSN” e “CLASS 1 > CLASSN”, para se fazer a classificação da coluna Atual\_Situ.

Em seguida, utilizando a ferramenta *Field Calculator*, as devidas seleções foram associadas a números, sendo associado o número 1 para Área Estável (“CLASS 1 = CLASSN = 1”), número 2 para Área

Recuperada (“CLASS 1 < CLASSN = 2”), e o número 3 para Área Degradada (“CLASS 1 > CLASSN = 3”), para preencher a coluna Atual\_Situ.

Desta forma, obteve-se o preenchimento de todas as colunas criadas, facilitando assim a seleção das áreas em processo de desertificação (Área Estável, Área Recuperada e Área Degradada) para a criação de novos mapas.

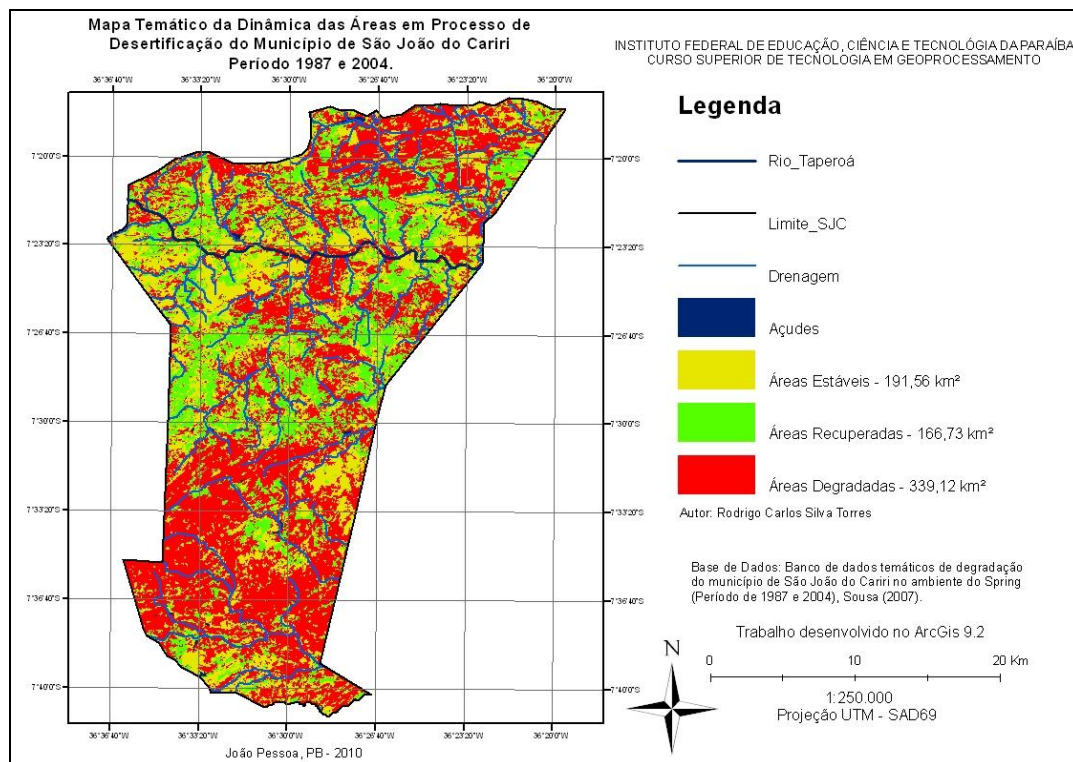
Feita a seleção, das situações determinadas, foram exportados os dados, criando novos *shapefiles* de cada área e salvando-os na pasta onde se encontra os dados do trabalho. Depois que todos os mapas foram criados, adicionou-se mais uma coluna na suas respectivas tabelas de atributo, *Aream²*, para que fosse possível calcular a suas respectivas áreas (“m²”), usando a ferramenta *Calculate Geometry*, que depois foi transformado em “km²”.

Com base nas três situações da dinâmica das áreas em processo de desertificação proposta nesta metodologia e fazendo uso da ferramenta *select by attributes*, para selecionar a situação desejada (1, 2 e 3) da coluna Atual\_Situ, foram criadas informações sobre cada área (área estável corresponde ao número 1, área recuperada ao número 2 e área degradada ao número 3), sendo estas sobrepostas para formar o mapa temático da dinâmica das áreas em processo de desertificação (áreas que ao longo do período se recuperaram, permaneceram estáveis e aquelas que se degradaram) em cada município.

Finalmente, após a identificação das áreas Estáveis, Recuperadas e degradadas, e da geração dos mapas temáticos da dinâmica das áreas em processo de desertificação, foi utilizado à análise de proximidade *buffer*, com o propósito de analisar a dinâmica do processo de desertificação das terras ao longo dos principais rios que cortam os municípios em estudo - O trecho do rio Taperoá, em São João do Cariri, e o trecho do rio Paraíba, em São Domingos do Cariri. O procedimento utilizou três áreas de análises: 200, 400, 600 metros.

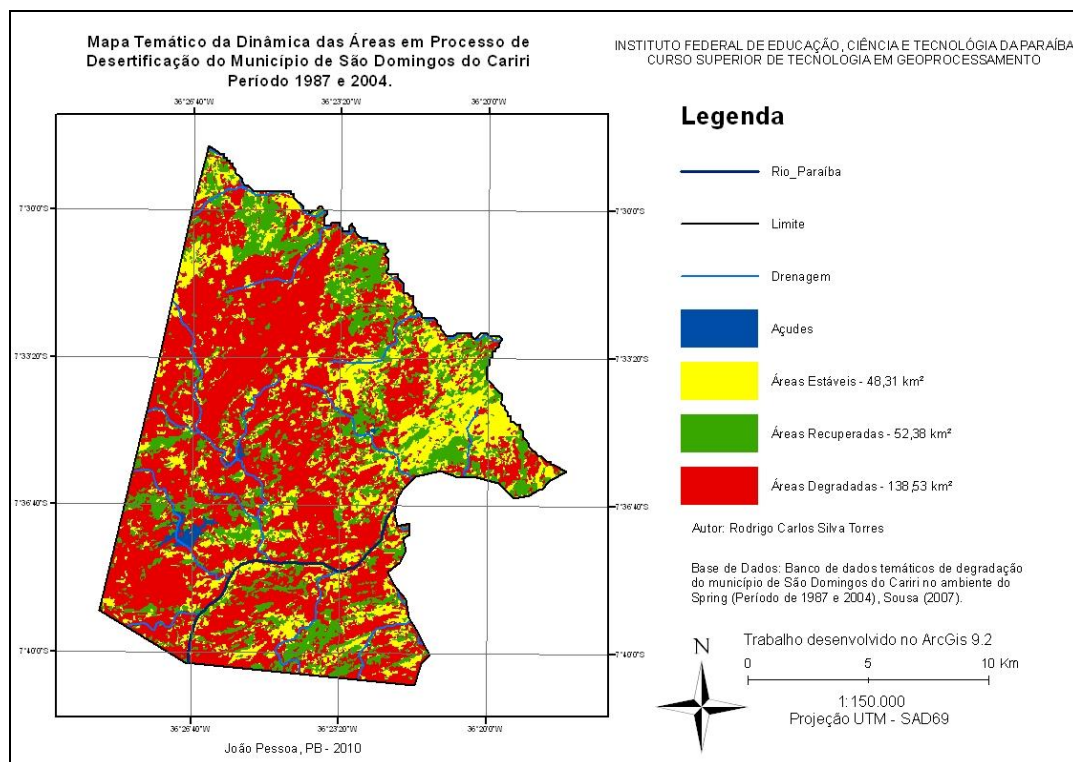
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise espaço-temporal das áreas em processo de desertificação das terras dos municípios de São João do Cariri e de São Domingos do Cariri produziram-se informações utilizando-se a ferramenta de sobreposição de dados, onde foram constatadas, por meio dos mapas temáticos feitos no ArcGIS, a atual situação da dinâmica das áreas em processo de desertificação entre o período de 1987 e 2004 (Figuras 2 e 3).



**Figura 2. Mapa temático da dinâmica das áreas em processo de desertificação do município de São João do Cariri**





**Figura 3. Mapa temático da dinâmica das áreas em processo de desertificação do município de São Domingos do Cariri**

Os resultados dos percentuais das classes da dinâmica das áreas em processo de desertificação (área estável, área degradada e área recuperada), ao longo do período 1987-2004, para os municípios de São João do Cariri e São Domingos do Cariri, podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Percentuais das áreas**

Municípios	Dinâmica das áreas em processo de desertificação					
	Áreas Estáveis		Áreas Recuperadas		Áreas Degradadas	
	%	Km²	%	Km²	%	Km²
São João do Cariri	27,47	191,56	23,90	166,73	48,63	339,12
São Domingos do Cariri	20,19	48,31	21,90	52,38	57,91	138,53

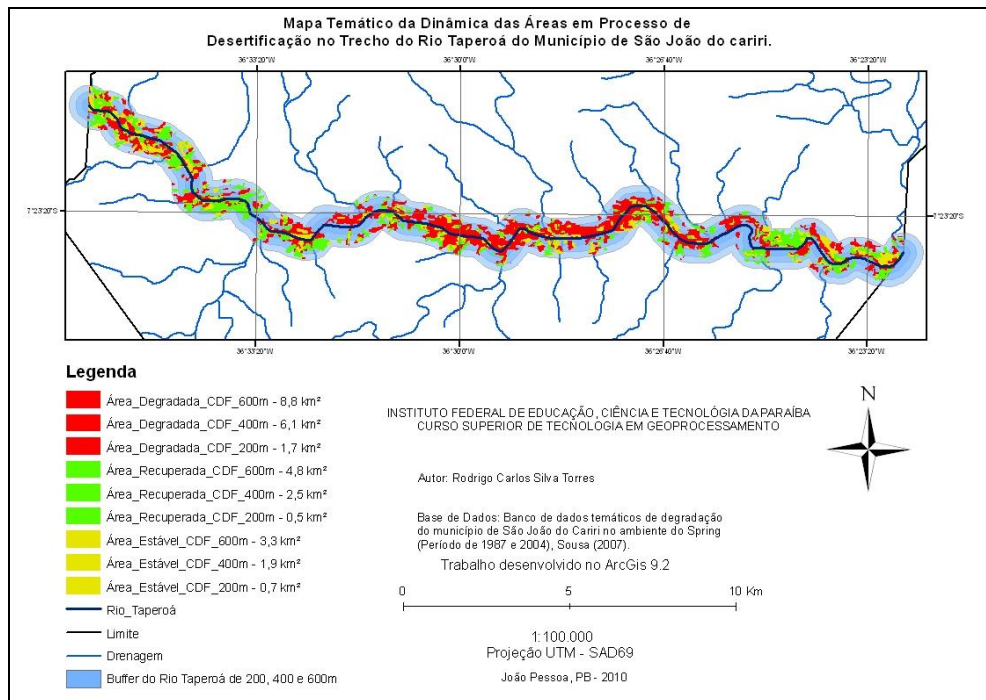
Analisando a Tabela 1, se observa que a área do município de São João do Cariri que permaneceu estável, ao longo do período 1987 e 2004, representam 27,47% (191,56Km²); a área recuperada 23,90% (166,73Km²); já a área mais crítica (degradada) representa 48,63% (339,12Km²) da área territorial do município. Os resultados comprovam que se encontram núcleos de desertificação de dimensões bastante expressivas, principalmente na parte sul Figura 2.

No município de São Domingos do Cariri a área que permaneceu estável, ao longo do período 1987 e 2004, representam 20,19% (48,31Km²); a área recuperada 21,90% (52,38Km²); já a área mais crítica (degradada) 57,91% (138,53Km²) da área territorial do município. Os resultados comprovam que mais da metade das terras do município encontra – se em estado de degradação.

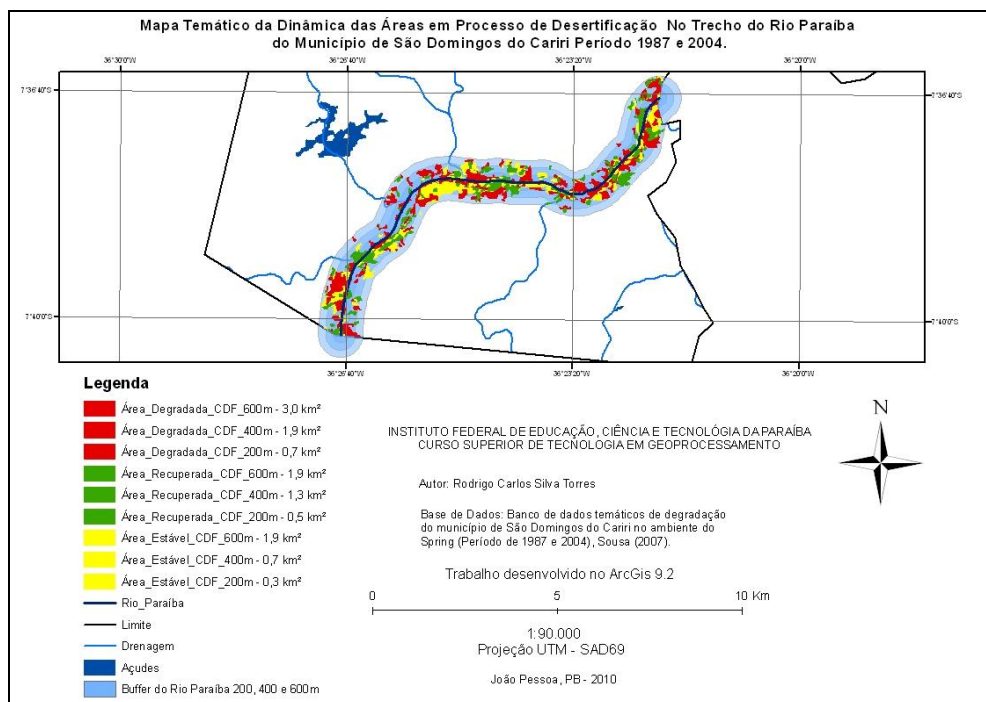
Esta situação crítica das terras dos municípios, segundo Sousa (2007), se deve, em parte, à agropecuária desenvolvida sem práticas conservacionistas, pois toda a área é usada com pecuária extensiva e/ou agricultura de autoconsumo, sendo esta mais restrita nas áreas de relevo movimentado.

A partir da análise de proximidade ao longo do rio Taperoá (Figura 4), observou-se que na faixa de 200 metros, a área estável representa 0,7km², a área recuperada 0,5km², a área degradada 1,7km²; já na faixa de

400 metros, a área estável representa 1,9km<sup>2</sup>, a área recuperada 2,5km<sup>2</sup>, a área degradada 6,1km<sup>2</sup>; finalmente, na faixa de 600 metros, a área estável representa 3,3km<sup>2</sup>, a área recuperada 4,8km<sup>2</sup> e a área degradada 8,8km<sup>2</sup>. Já na análise da Figura 5 (rio Paraíba), observou-se que, na faixa de 200 metros, a área estável representa 0,3km<sup>2</sup>, a área recuperada 0,5km<sup>2</sup>, a área degradada 0,7km<sup>2</sup>; já na faixa de 400 metros, a área estável representa 0,7km<sup>2</sup>, a área recuperada 1,3km<sup>2</sup>, a área degradada 1,9km<sup>2</sup>; finalmente, na faixa de 600 metros, a área estável representa 1,9km<sup>2</sup>, a área recuperada 1,9km<sup>2</sup> e a área degradada 3,0km<sup>2</sup>. Esses valores provam que a área, ao longo dos rios Taperoá e Paraíba, está bastante degradada.



**Figura 4 - Mapa temático da dinâmica das áreas em processo de desertificação no trecho do Rio Taperoá do município de São João do cariri**



**Figura 5 - Mapa temático da dinâmica das áreas em processo de desertificação no trecho do Rio Paraíba do município de São Domingos do Cariri**

A escolha dos rios Taperoá e Paraíba se deve ao fato destes serem os mais importantes dos municípios. A Tabela 2 mostra a distribuição da dinâmica estudada ao longo destes dois rios.

**Tabela 2 – Dinâmica das áreas em Porcentagem em Torno dos Rios**

Rios	Áreas Estáveis			Áreas Recuperadas			Áreas Degradadas		
	200m	400m	600m	200m	400m	600m	200m	400m	600m
Taperoá	24,13%	18,09%	19,52%	17,24%	23,80%	28,40%	58,62%	58,09%	52,07%
Paraíba	20,00%	17,94%	27,94%	33,33%	33,33%	27,94%	46,66%	48,71%	44,11%

Em relação à análise dos dados da Tabela 2, a relação entre a área total de cada índice e o tamanho de cada área (área estável, área recuperada e área degradada) mostra que à medida que se afasta do rio Taperoá em São João do Cariri, há uma diminuição das áreas degradadas. Esta dinâmica se mostra mais crítica nos primeiros 200 metros, onde o valor da área degradada em porcentagem representa 58,62%; e à medida que se afasta do rio, esse valor começa a diminuir, pois para a distância de 400 metros o percentual de área degradada passa a ser 58,09%; esta análise pode ser conclusiva quando se analisa a distância de 600 metros, na qual a área degradada diminui para 52,07%, provando que a área mais próxima do rio, a exemplo da “mata ciliar” está mais degradada (essas áreas, de acordo com a lei 4771 do código florestal, deveriam estar preservadas, por se tratar de áreas de preservação permanente). Já a situação das áreas que permaneceram estáveis, em primeiro momento, foi de 24,13% (na distância de 200 metros); no segundo momento, obteve-se uma redução nesse valor para 18,09% (na distância de 400 metros) e para 19,52% (600 metros). Por fim, as áreas que permaneceram recuperadas obtiveram um aumento considerável nas três distâncias (200, 400, 600 metros), mas, ainda é necessário a preservação e a recuperação das áreas mais críticas (degradadas), sobretudo aquelas mais próximas do rio Taperoá.

Analisando as áreas próximas ao rio Paraíba (Tabela 2) em São Domingos do Cariri, observa-se que à medida que se afasta do rio, em primeiro e segundo momento, há um aumento das áreas mais críticas e após esse aumento, há uma diminuição bastante considerável dos índices de degradação, onde é possível observar na análise da distância de 200 metros, na qual o valor da área degradada representa 46,66%, e se afastando mais 200 metros para a distância de 400 metros, esse valor aumenta para 48,71%, que logo em seguida, diminui para 44,11% na distância de 600 metros. Esses valores mostram que a área mais crítica (degradada) prevalece nos primeiros 400 metros, encontrando-se em estado bastante preocupante. Já a situação das áreas que permaneceram estáveis, em primeiro momento, na distância de 200 metros representa 20,00%, no segundo momento (distância de 400 metros), obteve uma redução para 17,94%, e na última distância (de 600 metros), obteve um aumento considerável representando 27,94%. Por fim, as áreas que permaneceram recuperadas ficaram estáveis nas faixas mais próximas ao rio, 200 e 400 metros, apresentando 33,33%, e na última faixa (600 metros), apresentou uma leve redução representando 27,94%.

De acordo com Sousa (2007), a situação dos rios, se deve pela falta de utilização de práticas de conservação dos solos que vem acelerando o processo de desertificação, principalmente ao longo do trecho do rio Paraíba; nesta área, os níveis de degradação estão mais evoluídos; além do mais, as frequentes queimadas, na maioria das vezes realizadas para formação de pastagens e agricultura de autoconsumo, promoveram a remoção da cobertura vegetal e, por conseguinte, a diminuição dos nutrientes dos solos, a erosão e o assoreamento dos corpos d'água.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à facilidade de análise e visualização a partir de produtos, imagens e mapas, gerados pelo SIG ArcGis, evidenciou-se que uma das grandes capacidades de análise de dados georeferenciados foi a sua manipulação para produzir novas informações. Neste sentido, a pesquisa contribuirá para subsidiar a tomada de decisões e a conseqüente intervenção no espaço nas diversas áreas. Os resultados mostraram a eficiência das ferramentas de sobreposição e de proximidade.

Os mapas resultantes do cruzamento mostraram que, ao longo do período analisado, os municípios apresentaram comprometimento nos níveis de degradação das terras. Em São João do Cariri, os resultados apresentados foram de 27,47% para áreas estáveis, 23,90% para áreas recuperadas e de 48,63% para áreas degradadas. Já em São Domingos do Cariri; a área estável representou 20,19%, a área recuperada 21,90%, e

a área degradada 57,91%, mostrando que as terras dos municípios em estudo encontram-se em situação bastante crítica.

As análises indicaram que as áreas próximas aos rios são mais degradadas. No município de São João do Cariri no trecho do rio Taperoá, prevalece uma situação mais crítica nos primeiros 200 metros, e à medida que se afasta para 400 e 600 metros os níveis de degradação diminuem consideravelmente; já em São Domingos do Cariri, no trecho do rio Paraíba, prevalece uma situação mais crítica nos primeiros 400 metros. Esses resultados provam que às áreas mais próximas dos rios encontram-se em estado de degradação avançado.

Finalmente pode se concluir, que a metodologia permitiu a visualização dos resultados de forma espacial, possibilitando um entendimento melhor da degradação ambiental das terras, o que conseqüentemente proporá medidas mitigadoras para a solução do problema.

## REFERÊNCIAS

ESRI. **Tutorial do software ArcGIS**. Disponível em: < <http://www.esri.com/> >. Acesso em 11/01/2010.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> >. Acesso em 02/01/2010.

BRASIL. LEI FEDERAL. Nº **4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965**. Disponível em <[http://sigam.cetesb.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/263/Documentos/Lei\\_Fed\\_4771-65.pdf](http://sigam.cetesb.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/263/Documentos/Lei_Fed_4771-65.pdf)> Acesso em: 15/04/2010.

SOUSA, R. F. de. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano**. 2007. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2007.

Spring 4.3.3. (**Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas**). INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 30/09/2009.

TOMLIM, D. *Geographic information systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall, New York, 1990.