



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Degradação Ambiental na Microrregião do Cariri paraibano

Glauciene Justino Ferreira da Silva<sup>1</sup>; Nadjacleia Vilar Almeida<sup>2</sup>; Lidiane Cristina Félix Gomes<sup>3</sup>; Otávia Karla Apolinário dos Santos

<sup>1</sup>Tecnóloga em Geoprocessamento, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba/UFPB, João Pessoa, Paraíba, Brasil, [glauc.geo@gmail.com](mailto:glauc.geo@gmail.com). <sup>2</sup>Prof. Doutora, do departamento de Engenharia e Meio Ambiente - Universidade Federal da Paraíba, /UFPB, Rio Tinto-Paraíba-Brasil-email: [nadjacleia@yahoo.com](mailto:nadjacleia@yahoo.com). <sup>3</sup> Tecnóloga em Geoprocessamento, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia-UFC-Fortaleza-Ceará-Brasil-email: [lidiane.geo@gmail.com](mailto:lidiane.geo@gmail.com). <sup>4</sup>Geógrafa, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Geografia-UFPB- João Pessoa-Paraíba-Brasil-email: [otaviaapolinario@gmail.com](mailto:otaviaapolinario@gmail.com).

Artigo recebido em 09/07/2013 e aceito em 27/09/2013

### RESUMO

O desmatamento de grandes áreas de vegetação de caatinga para dar lugar às lavouras e servir de pasto aos rebanhos tem contribuído para a degradação ambiental na região Semiárida. Os poucos remanescentes do Bioma Caatinga no Semiárido nordestino sofrem com a pressão exercida pelo avanço agropecuário e pelo descaso de órgãos ambientais de fiscalização. Na microrregião do Cariri paraibano muitos municípios tem perdido a cobertura vegetal em virtude da necessidade de terras para cultivo. Diante do exposto, fica clara a necessidade de estudos sobre a degradação ambiental, para isso o uso das geotecnologias tem proporcionado o monitoramento das alterações provocadas sem manejo adequado dos recursos naturais. O Sensoriamento Remoto e as imagens de sensores orbitais têm sido amplamente empregados em estudos ambientais, possibilitando a extração de informações. Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a dinâmica da ocupação do solo e a cobertura vegetal no município de Pararí-PB entre os anos de 1988 e 2005, por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e análise espacial, além de contribuir com o estudo da degradação ambiental no Semiárido. Os resultados obtidos com os mapas de cobertura do solo evidenciaram que a classe solo exposto ocupou as áreas anteriormente pertencentes à classe vegetação densa e rala, expondo o solo do município aos efeitos das chuvas intensas e irregulares. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) melhor representou o estado da cobertura vegetal existente nos anos estudados, e a resposta espectral do solo e vegetação foram influenciados pela precipitação na época em que as imagens foram obtidas.

Palavras-chave: Semiárido, cobertura vegetal, Sensoriamento Remoto.

## Environmental degradation in the micro region of Cariri paraibano

### ABSTRACT

The deforestation of large areas of savanna vegetation to make way for crops and serve as pasture to flocks has contributed to environmental degradation in the semiarid region. The few remaining Caatinga Biome in the northeastern Caatinga semiarid suffer from the pressure exerted by agricultural advances and the neglect of environmental enforcement agencies. In micro Cariri many municipalities have lost vegetation cover due to the need for land for cultivation. Given the above, it is clear the need for studies on environmental degradation. In that purpose, the use of geotechnology has provided monitoring changes caused without proper management of natural resources. The Remote Sensing and images from satellite sensors have been widely used in environmental studies, enabling the extraction of information. Thus, this study aimed to evaluate the dynamics of land use and vegetation cover in the municipality of Pararí-PB between the years 1988 and 2005, using remote sensing techniques and spatial analysis, and contributing to the study of environmental degradation in the semiarid. The results obtained with the maps of land cover class showed exposed soil areas previously occupied belonging to the class sparse and dense vegetation, exposing the municipality to the effects of heavy rains. The normalized difference vegetation index (NDVI) best represented the state of vegetation existing in the years studied, and the spectral response of soil and vegetation were influenced by precipitation at the time the pictures were taken.

**Key-words:** Semiarid, vegetation cover, Remote Sensing.

## Introdução

O homem tem modificado o meio ambiente de forma mais intensa nos últimos dois séculos. Para isso, ele altera drasticamente as características naturais de determinadas áreas na superfície da Terra. Essas alterações são provocadas pela utilização predatória dos recursos naturais, atividades agrícolas inadequadas e pela expansão urbana (Gomes et al., 2013).

Quantificar a cobertura vegetal de uma área é de suma importância para a avaliação ambiental, visto que a sua retirada pode vir a ocasionar grandes danos ao meio ambiente, alterando diretamente o balanço de energia e provocando desequilíbrio ambiental.

As ações de monitoramento ambiental, a interação entre fatores climáticos e a dinâmica da cobertura vegetal, no tempo e no espaço, são fundamentais para os sistemas de modelagem dos processos de interação com a atmosfera, tanto em escala regional quanto global. Os estudos levando em consideração o monitoramento da vegetação tem se destacado em várias áreas do conhecimento científico, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de encontrar índices pertinentes que caracterizem

vários processos observáveis a partir de produtos gerados pelas imagens derivadas de satélites, entre eles o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual tem sido amplamente empregado em estudos ambientais (Gallo et al., 2005; Yuan & Bauer 2007; Silva et al., 2011; Fischer, 2012).

De fato, a vegetação sofre modificações ao longo do tempo, podendo ser ocasionadas por diversos fatores. Conforme Rosendo (2005) a dinâmica vegetativa ocorre em decorrência das alterações sazonais, do seu estágio fenológico e das mudanças climáticas. Também podem ocorrer alterações cíclicas naturais da vegetação, e as ocasionadas pela ação do homem através das práticas culturais, ou até mesmo pela presença de pragas na lavoura.

Seguindo esse mesmo pensamento, Oliveira et al. (2013) afirma que o fluxo de calor da superfície também sofre alterações em decorrência da retirada da cobertura vegetal sendo necessárias novas formas de abordagens para a correta quantificação dos impactos do uso e cobertura do solo no clima.

Com isso, é possível observar que os processos naturais têm sido acelerados pela modernização das técnicas exploratórias, mesmo diante das inovações tecnológicas que proporcionam um conhecimento maior de determinadas áreas e temas, o uso insustentável dos recursos naturais continua a ser praticado. Em ambientes como o Semiárido que é castigado pelas condições climáticas e pela ausência de planejamento

---

\* E-mail para correspondência: glauc.geo@gmail.com (SILVA, G. J. F. do.).

sobre as práticas agrícolas, por exemplo, a degradação ambiental tem provocado impactos significativos à vida da população local.

Essa degradação tem avançado consideravelmente nas regiões susceptíveis a esse processo, um problema que tem propiciado a perda da biodiversidade vegetal e animal, degradação dos solos e dos recursos hídricos, devido ao assoreamento de rios e reservatórios, em ambientes ecologicamente fragilizados.

Diante desse fato, é necessária a realização de pesquisas que busquem entender a dinâmica das modificações provocadas pelo homem ao meio ambiente e que possibilite a extração de informações que possam colaborar com as políticas de desenvolvimento sustentável.

Desde a década de 60, cientistas vêm extraído e modelando muitos parâmetros biofísicos da vegetação com o uso do Sensoriamento Remoto, e grande parte desse esforço envolve a utilização de índices de vegetação, os quais se configuram como medidas radiométricas adimensionais, que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, radiação fotossinteticamente ativa absorvida, entre outros (Jensen, 2009).

Com a descoberta de que os vegetais extraem da radiação eletromagnética emitida

pelo Sol parte da energia que necessitam para viver, a interação entre essa radiação e a vegetação passou a ser estudada detalhadamente. Os estudos demonstram que o NDVI é um bom indicador de biomassa, tanto do ponto de vista teórico quanto do ponto de vista prático (Silva et al., 2005; Brandão et al., 2007; Di Pace, 2008).

O Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) em português índice de vegetação por diferença normalizada (IDVN) é amplamente utilizado desde que foi desenvolvido por Rouse et al. (1974). Liu (2007) afirma que o valor do NDVI varia de -1 a +1. Os valores negativos representam as nuvens e ao redor de zero representam o solo nu ou exposto (sem vegetação). O valor de NDVI maior revela a vegetação, o mais alto indica o grau de verde da superfície mais alto que pode ser usado para inferir na vegetação mais densa ou vegetação em pleno vigor do crescimento.

De acordo com Jensen (2009) as vantagens do NDVI vão desde o monitoramento das mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação até a redução proporcionada pela razão de muitas das formas de ruído multiplicativos (diferença de iluminação solar, sombras de nuvens, algumas atenuações atmosféricas, algumas variações topográficas) que estão presentes em muitas bandas de imagens de múltiplas datas.

Conforme Ponzoni & Shimabukuro (2007) o limite superior aproxima-se de 0,80, que, de acordo com Silva et al. (2007), o mesmo está associado a vegetação vigorosa. Solos descobertos e rochas refletem simultaneamente dois comprimentos de onda em intensidade semelhantes, logo, o NDVI aproxima-se de zero (Rizzi, 2004).

Deste modo, as técnicas de sensoriamento remoto vêm cada vez mais sendo aperfeiçoadas para fornecer informações precisas e fundamentais, devido a seu potencial na medição de parâmetros biofísicos com detecção de sua variabilidade tanto temporal como espacial (Moran et al., 1997; Daughtry et al., 2000).

Sua utilização consiste basicamente para estimar biomassa e mudanças no desenvolvimento das comunidades vegetais (Batista et al., 1993; Fraser et al., 2000; Hamada, 2000; Volpato, 2002). Para o monitoramento da vegetação, o NDVI contribui na elaboração de perfis sazonais e temporais da dinâmica da vegetação, permitindo a comparação desses perfis.

As técnicas de geoprocessamento e o próprio sensoriamento remoto estão cada vez mais presentes em estudos de biomas e nas dinâmicas do uso e ocupação do solo, com destaque para a região Semiárida do nordeste

brasileiro, onde a degradação ambiental já destruiu grande parte do Bioma Caatinga. Esse Bioma possui peculiaridades únicas e o comportamento da vegetação é diretamente influenciado pelas precipitações.

Rosendo (2005) afirma que os dosséis possuem interações distintas em regiões do espectro eletromagnético correspondente às faixas do visível e do infravermelho próximo. É possível verificar que nas regiões do visível, os pigmentos das plantas provocam absorção de energia, devido ao processo fotossintético, e através dos processos de absorção que se obtém a aparência verde da vegetação.

No mesmo contexto Rosendo (2005) observa que as interações que ocorrem com a radiação eletromagnética (REM) podem apresentar funções diferentes na vegetação, dependendo da faixa do espectro. No infravermelho próximo, a interação ocorrida faz com que a energia nesta região não seja empregada na fotossíntese, sendo fortemente dispersada na estrutura interna da folha.

Diante do exposto, esta pesquisa tem por objetivo mapear para fins de monitoramento ambiental as áreas desflorestadas através da avaliação da dinâmica da cobertura vegetal entre os anos de 1988 a 2005, utilizando imagens orbitais do satélite Landsat-5 TM, no município de Parari-PB.

**Material e Métodos**

O município de Parari (Figura 1) está localizado na região central do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e

Microrregião Cariri Ocidental. Encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, sub-bacia do Rio Taperoá (Almeida, 2012).



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

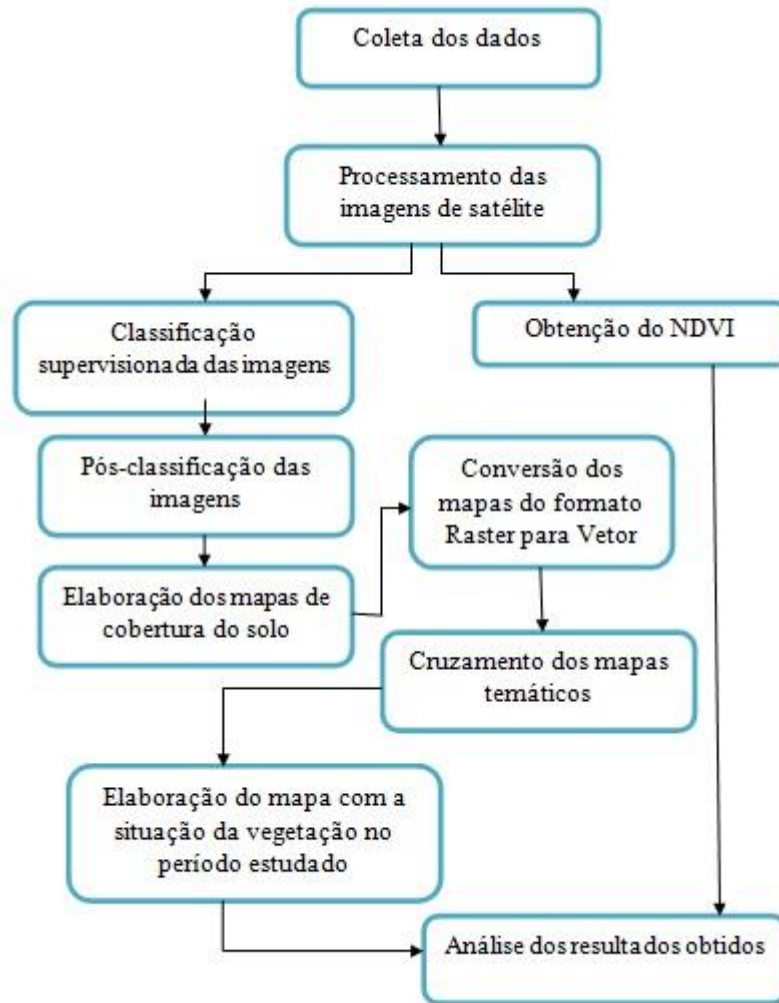
**Fonte:** Autor. **Dados:** AESA-PB

Para a análise da cobertura vegetal foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-5 TM nas seguintes datas (08 de março de 1988 e 29 de julho de 2005, órbita/ponto 215/065), disponibilizadas gratuitamente pelo INPE em seu *website*. Essas imagens foram escolhidas devido a pouca presença de nuvens nas mesmas, de forma que as nuvens encontradas na imagem não comprometeria os procedimentos operacionais nem falsearia os resultados obtidos com a classificação da imagem e o NDVI.

A análise multitemporal da ocupação do solo e da cobertura vegetal necessita de um software de SIG. Para o estudo o software escolhidos foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) na versão 5.2. O SPRING é um software de SIG (Sistema de Informações Geográficas) no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais (Câmara, et. al., 1996).

Para melhor entendimento da metodologia empregada no trabalho, foi

criado um fluxograma (Figura 2) com todas as etapas desenvolvidas.



**Figura 2.** Fluxograma com as etapas metodológicas desenvolvidas no trabalho.

No software Spring 5.2, a primeira etapa desenvolvida foi o registro das bandas 3,4 e 5 do Landsat-5 TM. Para este procedimento foram selecionados pontos de controle nos cruzamentos de estradas, no interior da área e em pontos próximos a mesma para possibilitar uma maior precisão no registro. Sendo assim, foram escolhidos 11 pontos, que atenderam perfeitamente as

exigências do projeto, com precisão de aproximadamente 0,085 pixels.

Após o registro foi realizada a determinação do NDVI, a obtenção do índice foi definido pela razão entre as bandas 4 e 3 do sensor TM, correspondentes respectivamente pelo fluxo radiante refletido no infravermelho próximo e fluxo radiante

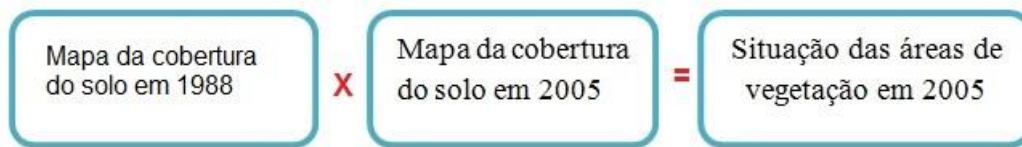
refletido no vermelho, definido pela equação 1:

$$NDVI = \frac{(Banda\ 4 - Banda\ 3)}{(Banda\ 4 + Banda\ 3)} \quad (1)$$

Ainda foi realizada a classificação, a pixel, das imagens escolhidas para o estudo, nas seguintes classes: solo exposto, vegetação densa, vegetação rala e água para as bandas 3, 4 e 5. O método de classificação realizado foi o supervisionado, o classificador utilizado foi o MAXVER (máxima verossimilhança), posteriormente para eliminar possíveis erros da classificação foi executado o processo de

pós-classificação da imagem, os parâmetros necessários para realização do procedimento foram o peso como 2 e o limiar como 3. Após o procedimento de pós-classificação, os mapas temáticos foram convertidos do formato raster para vetor.

Ainda em ambiente SIG foi realizado o cruzamento (Figura 3) dos mapas temáticos de ocupação do solo nos anos analisados. Desta forma, foi possível verificar o comportamento de cada classe de 1988 a 2005.



**Figura 3.** Metodologia para o cruzamento os mapas de ocupação do solo em 1988 e 2005.

Como resultado do cruzamento tem-se um novo arquivo em formato shapefile, denominado Classes 1988\_2005, este herda em sua tabela de atributos as informações dos shapfiles de origem. A partir deste resultado criou-se um novo campo na tabela de atributos do *shapefile* (Classes 1988\_2005) esse campo foi denominado situação (SIT). Desta forma, as áreas de vegetação que se mantiveram em 2005 foram classificadas como preservado no novo campo situação (SIT) da tabela de atributos, enquanto as áreas de matas que foram substituídas por solo exposto foram classificadas como sem cobertura vegetal no novo campo e as áreas de vegetação densa que passaram a ser ocupadas

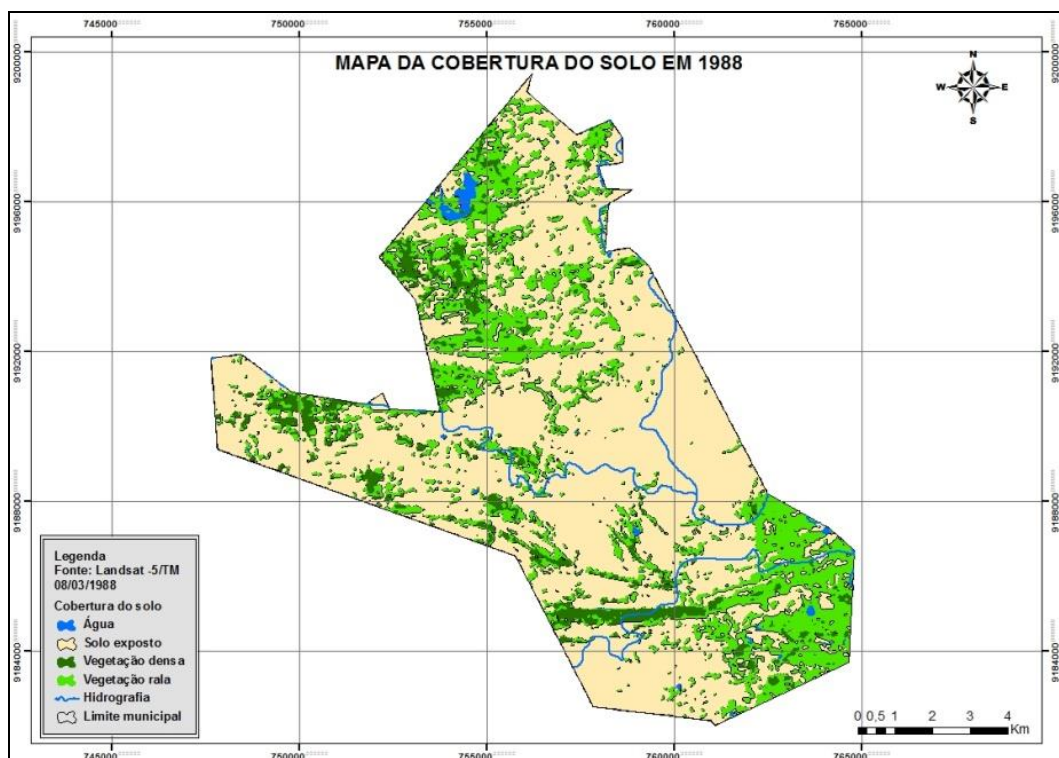
por vegetação rala foram classificadas como Substituídas.

Após esse procedimento realizou-se a seleção por atributo das áreas de mata preservadas para a criação do arquivo *shapefile* mata 2005, a partir da seleção corrente, representando as áreas de mata preservadas no período de 1988 a 2005. Da mesma forma foi criado o arquivo *shapefile* sem cobertura caracterizando as áreas de mata não preservadas no mesmo período de tempo. Com os *shapfiles* criados seguiu-se com a elaboração do mapa temático com a situação das áreas de vegetação entre os anos de 1988 e 2005.

### 3.0 Resultados e discussões

No mapa da cobertura do solo de 1988 nota-se a distribuição das áreas de vegetação rala (Figura 4) em todo o município, porém as maiores concentrações encontram-se a norte e ao sul. As áreas de vegetação densa são representadas por pequenos polígonos distribuídos por toda a área, mas é evidente

que essas estão bastante fragmentadas. Grande parte da cobertura existente no município é caracterizada por solo exposto, até mesmo nos cursos dos rios a ausência de vegetação pode ser notada, exceto nas proximidades dos grandes corpos d'água presentes na época em que a imagem foi obtida.



**Figura 4.** Mapa da cobertura do solo em 1988.

O mapa de cobertura do solo de 2005 (Figura 5) permite a identificação das classes e distribuição das mesmas no limite municipal, a classe vegetação rala se apresenta bem distribuída em toda a área fato que pode ser associado à umidade ainda presente nos solos devido às chuvas. A classe vegetação densa está espacialmente fragmentada.

O estado em que se encontrava a vegetação densa em 2005, mesmo em um período de chuvas e de regeneração vegetativa, é indício de que as grandes áreas remanescentes de caatinga no município foram quase que devastadas no período de 1988 a 2005. E que muitos dos fragmentos encontrados ficaram mais susceptíveis a ação humana, dando lugar à classe solo exposto.



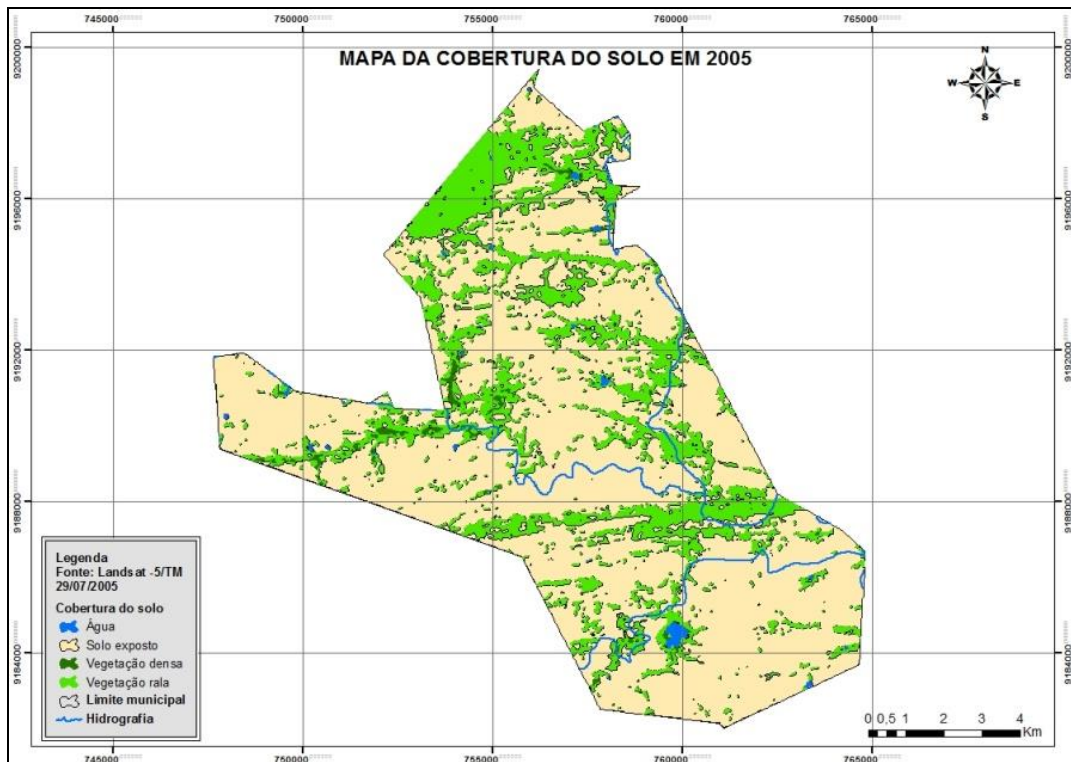


Figura 5. Mapa da cobertura do solo em 2005.

Com a quantificação das classes de cobertura do solo nos anos analisados foi elaborado um gráfico (Figura 6) com o

percentual das mesmas, contribuindo para a compreensão da variação de cada alvo avaliado.



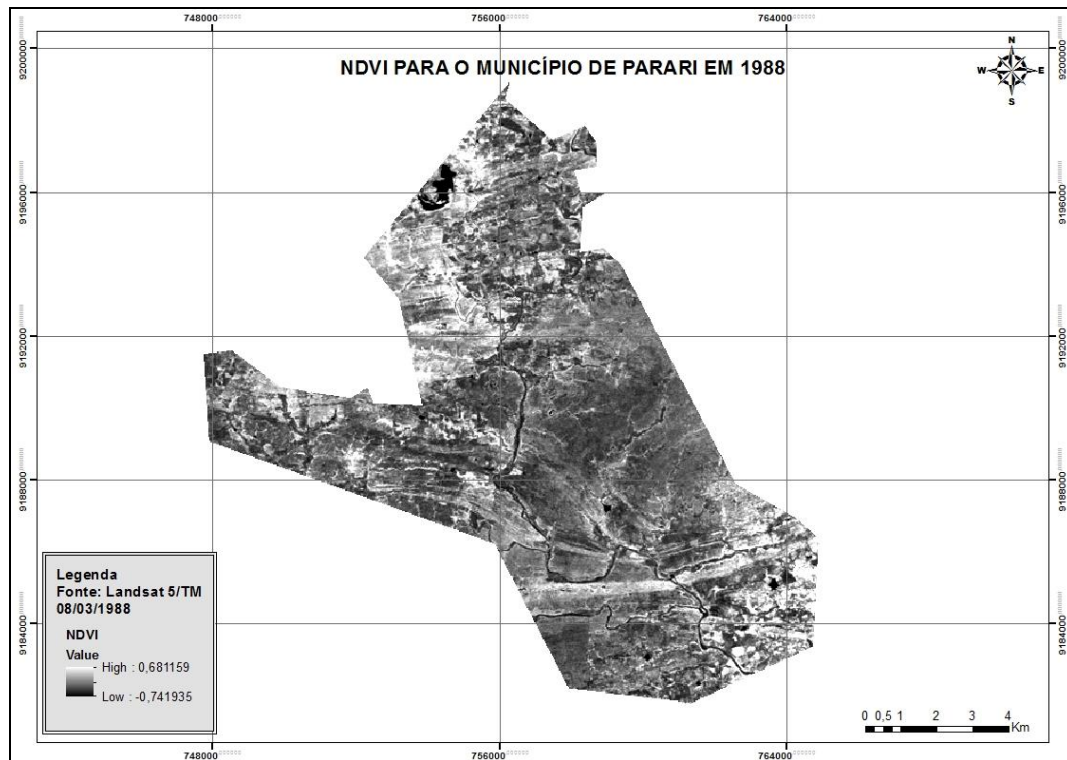
Figura 6. Gráfico do percentual de cobertura do solo entre 1988 e 2005.

O NDVI (Figura 7) caracteriza os alvos na área de estudo no ano de 1988 de acordo com a reflectância dos mesmos.

Na imagem é identificado o solo desnudo, afloramentos rochosos, áreas com grande quantidade de areia quartzosa, além da água, que pela capacidade de absorver mais energia aparece como o alvo mais escuro. Como o período em que a imagem foi obtida é considerado como o início do período chuvoso, em algumas áreas o solo obteve

tonalidade mais escura, o que pode ser explicado pela umidade presente.

Conseqüentemente as áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa possuem os maiores valores de NDVI e se apresentam com tonalidades de cinza mais claros e com maior brilho. É evidente que a vegetação verde sadia apresenta um contraste diferenciado, caracterizando um maior vigor vegetativo.



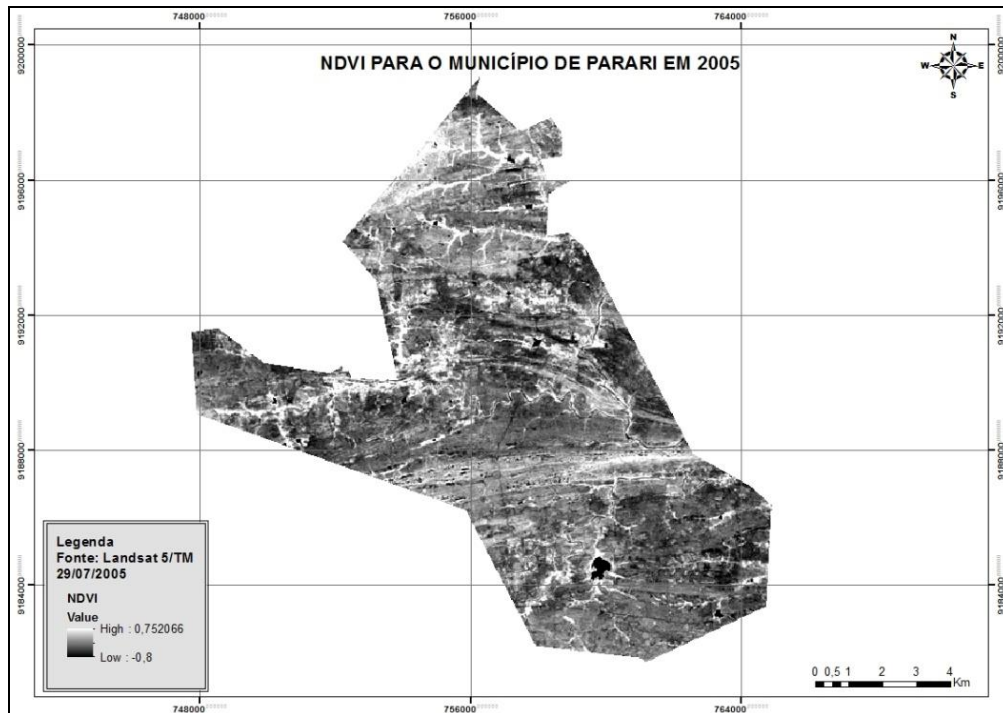
**Figura 7.** NDVI obtido a partir das bandas 3 e 4 da imagem Landsat-5/TM de 08/03/1988.

Ao comparar o NDVI com o mapa de cobertura do solo em 1988 a diferença na distribuição das classes é marcante, devido ao índice de vegetação considerar o comportamento da reflectância da vegetação nas regiões espectrais do visível e do infravermelho próximo. Desta forma, onde a

vegetação estiver presente esta será detectada na obtenção do índice, enquanto que na classificação supervisionada da imagem sintética as amostras de cada classe são definidas pelo operador, desta forma em algumas áreas a vegetação mais rala e esparsa pode não ser classificada.

Para a imagem NDVI (Figura 8) obtida a partir da operação entre as bandas 3

e 4 da imagem Landsat-5 TM de 29/07/2005, os valores variam de -0,8 a 0,752066.



**Figura 8.** NDVI obtido a partir das bandas 3 e 4 da imagem Landsat-5/TM de 29/07/2005.

A classe vegetação densa está bem mais distribuída na área de estudo, apresenta-se não somente em áreas próximas aos reservatórios e as margens dos rios, mas no setor norte do município verificou-se uma grande área deste tipo de cobertura, podendo ser explicado devido à umidade ainda presente no solo, proporcionando a conservação da vegetação por mais tempo.

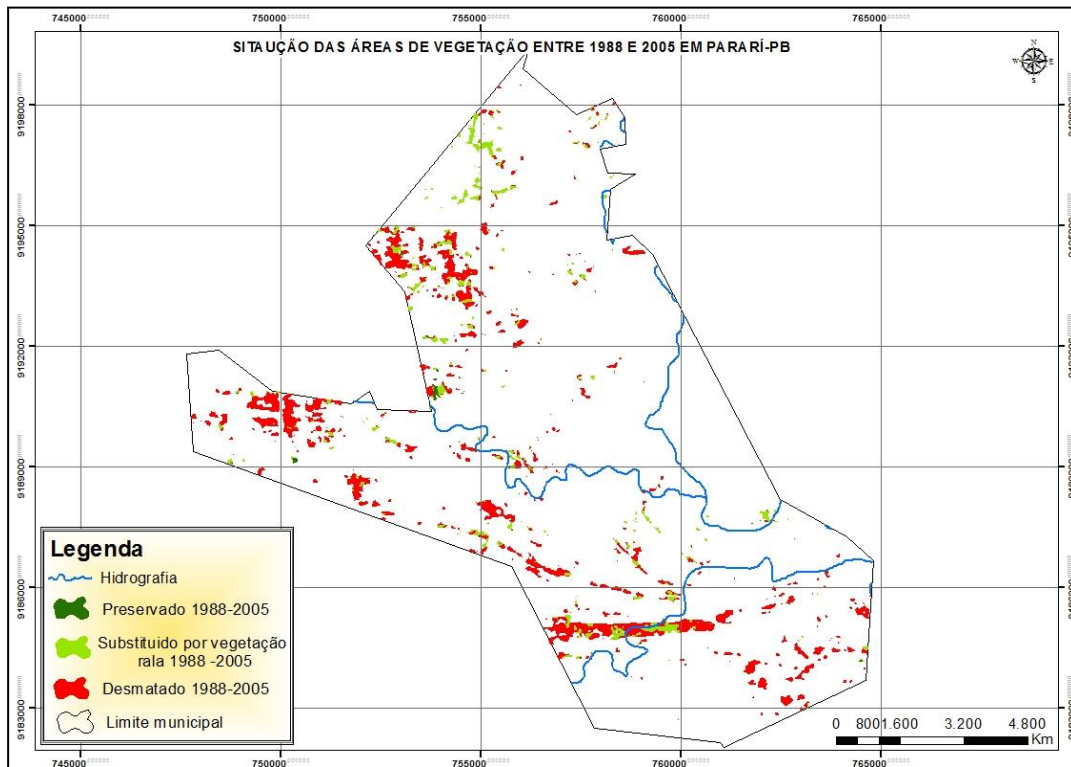
Após o início do período de estiagem e com o fim das chuvas o solo perde a umidade, e a cobertura vegetal existente e seu vigor vegetativo, a partir deste momento a vegetação se torna cada vez mais esparsa e as espécies mais encontradas são aquelas mais resistentes às condições adversas do clima.

Aliados a esses fatores, a intensificação do uso da vegetação presente para a extração de lenha e as retiradas da vegetação rala para dar lugar ao plantio de cactáceas para alimentação animal contribuem ainda mais com a devastação da cobertura vegetal que resiste a escassez de água e que tem papel fundamental na conservação do solo.

Como resultado da operação do cruzamento dos mapas para a situação das áreas de vegetação entre 1988 e 2005 foi criado o mapa (Figura 9) com a espacialização da evolução do desmatamento no período em estudo. Esse mapa ilustra a devastação provocada no município.

Grande parte dos polígonos de mata em 1988 foi desmatada até 2005, áreas expressivas de vegetação densa são responsáveis por manter o equilíbrio ambiental e qualquer alteração

mais significativa provoca graves modificações ao ecossistema local. No mesmo período, as áreas de vegetação densa foram substituídas por vegetação rala.



**Figura 9.** Mapa da situação das áreas de mata ente 1988 e 2005.

#### 4. Conclusões

- A análise dos resultados obtidos na pesquisa demonstraram a dinâmica da degradação das áreas de vegetação no município de Parari-PB entre 1988 e 2005, fornecendo informações necessárias para o monitoramento ambiental na área estudada.
- O estudo ainda reafirmou a eficiência das geotecnologias como ferramentas precisas para análises ambientais no semiárido. As técnicas de processamento de imagens de satélite permitiram um estudo temporal das

modificações ocorridas ao longo dos anos em um ambiente potencialmente frágil e susceptível as ações humanas.

- Com a análise dos mapas temáticos foi possível notar a dinâmica da cobertura do solo em um município do Cariri paraibano. A devastação provocada pela substituição das áreas de vegetação densa por solo exposto ou vegetação rala evidencia a degradação das áreas de vegetação existentes, fato que expõe

o solo a ação das chuvas intensas e irregulares.

- A análise do NDVI levou em consideração o período em que as imagens foram obtidas, o que proporcionou maior confiabilidade às informações apresentadas. Em cada um destes mapas fica evidente à relação direta entre a pluviosidade e os valores de NDVI. Com isto foi possível por meio destes valores estabelecer uma análise comparativa entre a dinâmica natural da vegetação de caatinga e as alterações provocadas pela ação humana, além de analisar o comportamento dos demais alvos presentes em cada imagem.

## 5. Agradecimentos

Agradecemos ao INPE – Instituto Nacional de Pesquisas espaciais pelos arquivos cedidos para realização deste trabalho e a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa concedida.

## 6. Referencias Bibliográficas

Almeida, N. V. (2012). Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do rio Taperoá, semiárido paraibano. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense Niterói.

Batista, G. T.; Shimabukuro, Y. E.; Lawrence, W. T. (1993). Monitoramento da cobertura florestal através de índice de vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. 1993, Curitiba. Anais... São José dos Campos, INPE.

Daughtry, C. S. T.; Walthall, C. L.; Kim, M. S.; Brown, C. E., & McMurtrey III, J. E. (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. In: Remote Sensing Environment, v.74, p.229–239.

Brandão, Z. N.; Bezerra, M. V. C.; Silva, B. B. (2007). Uso do ndvi para determinação da biomassa na chapada do araripe. In: EIPHANIO, J. C. N.; GALVÃO, L. S.; FONSECA, L. M. G. (Ed.). Anais... [S.l.]: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), p. 75–81.

Di Pace, F.T., Silva, B. B.; Silva, V. P. R.; Silva, S. T. A. (2008). Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital – Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB. v.12, n.4, p.385–392.

Fischer, T.; Vesté, M.; Eisele, A.; Bens, O.; Spyra, W.; Hütt, R. F. (2012). Small scale spatial heterogeneity of Normalized Difference Vegetation Index (NDVIs) and hot spots of photosynthesis in biological soil crusts. ELSEVIER, Flora 207, 159–167.

Fraser, R. H.; Li, Z.; Cihlar, J. (2000). Hotspot and NDVI differencing synergy (HANDS); A

new technique for burned area mapping over boreal forest, *Remote Sensing Environment*, v. 74, p.327-640.

Gallo, K.; Ji, L.; Reed, B.; Eidenshink, J.; Dwyer, J. (2005). Multi-platform comparisons of MODIS and AVHRR normalized difference vegetation index data. *ELXEVIER, Remote Sensing of Environment*, 99, 221 – 231p.

Gomes, L. C. F.; Silva, G. J.; Sousa, L. H. G. (2013). Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto na detecção de áreas degradadas e Susceptíveis a Desertificação no Semiárido paraibano. In: Giovanni Seabra. (Org.). *Terra: Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades*. 1ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, v. 4, p. 93-103.

Hamada, E. (2000). *Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA AVHRR*. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UNICAMP, Campinas. 140p.

Jensen, J. R. (2009). *Sensoriamento Remoto da Vegetação*. In: *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coord.) et al. São José dos Campos: Parêntese, p.357-410.

Moran, M., Y. Inoue, and E. M. Barnes. (1997). Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Remote Sensing of Environment* 61:319-346.

Oliveira, T. H.; Oliveira, J. S. S.; Luz, E. B.; Galvêncio, J. D.; Pimentel, R. M. M.; Silva, B. B. (2013). *Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e do processo de urbanização no município do Recife – PE utilizando o Índice de Vegetação Ajustado*. Anais XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

PONZONI, F. P.; Shimabukuro, Y. E. (2007). *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira, 135 p.

Rizzi, R.; Fonseca, E. L. (2004). *Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do sul*. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos. 212 p.

Rosendo, J. S. (2005). *Índices de Vegetação e Monitoramento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Araguari-MG Utilizando Dados do Sensor Modis*. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Uberlândia, Uberlândia.

Rouse, J. W., R. H. Haas, Jr., J. A. Schell, and D.W. Deering. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Pages 309–317 in Proceedings. ERTS-1 Symposium, Third, Greenbelt, MD. Vol. 1. NASA SP-351. NASA, Washington, DC.

Silva, B. B.; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. (2005). Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 - TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.20, n.2, p.243-252.

Silva, A. A. (2004). Uso de dados MODIS para o monitoramento ambiental nos cerrados: Um estudo a partir de dados MOD13Q1 realçados através de um modelo de mistura espectral. Dissertação de Mestrado, Goiânia.

Silva, B. B.; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. (2007). Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Piracicaba, SP, v.13, n.2, p.201-211.