



USO DO NDVI NA ANÁLISE TEMPORAL DA DEGRADAÇÃO DA CAATINGA NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA

Sebastiana Santos Nascimento

Universidade Federal da Paraíba

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Universidade Federal da Paraíba

Priscila Pereira Souza de Lima

Universidade Federal da Paraíba

RESUMO

O presente trabalho mostra a análise e a evolução temporal da cobertura vegetal na Sub-bacia do Alto Paraíba por meio do cálculo do NDVI (Normalized Difference vegetation Index). A área é composta pelas plantações de milho, feijão, algodão em caroço, sisal, mandioca, juntamente com a pecuária, sendo esses os elementos básicos que estruturaram o espaço econômico da região. Entretanto, a exploração intensa e de certa forma predatória da Caatinga, juntamente com a aplicação de pouco capital para a implantação de inovações tecnológicas vem causando degradações fortes e por vezes irreversíveis nesse ecossistema, resultando no aparecimento e/ou avanço de áreas degradadas/desertificadas. No período compreendido entre os anos 1989 e 2004 a área de estudo apresentou grandes mudanças. As áreas com caatinga do tipo Arbustiva Aberta e Semi-aberta aumentaram em 15,4%, as áreas com solo exposto aumentaram em 0,8%, enquanto que as áreas com caatinga do tipo Arbustivo-arbórea foram reduzidas em 16,5%. Neste caso, pode-se inferir que o elevado percentual de caatinga rala e solo exposto observado nesse momento pode estar relacionado à maior pressão exercida sobre os recursos da caatinga, em partes, este avanço pode ser atribuído ao incentivo da atividade pecuarista, que tem um maior impulso a partir da década de 2000.

Palavras-chave: IVDN, Degradação, Semiárido.

ABSTRACT

This work presents the analysis and the temporal evolution of vegetation cover in the Upper Paraíba Sub-basin by calculating the NDVI (Normalized Difference

Vegetation Index). The area consists of the cornfields, bean, seed cotton, sisal, cassava, along with livestock, these being the basic elements that structured the economic space in the region. However, the intense and somewhat predatory exploitation of the Caatinga, together with the application of little capital for the implementation of technological innovations has caused strong and sometimes irreversible in this ecosystem degradation, resulting in the development and / or advancement of degraded/desertified areas. In the period between the years 1989 and 2004, the study area showed large changes. Areas with a savanna-type open shrubland and semi-open increased by 15.4%, areas with exposed soil increased by 0.8%, while areas with savanna type of shrubs and trees were reduced by 16.5%. In this case, it can be inferred that the high percentage of sparse scrub and bare soil observed at that time can be related to greater pressure on the resources of the savanna, in part, this progress can be attributed to the encouragement of farmer activity, which has a greater impetus from the 2000s.

Keywords: NDVI, degradation, Semiarid.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2007). Este assume um papel importante no monitoramento e na estimativa de diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, fornecendo subsídio para o planejamento e gestão territorial (RAMOS et. al, 2010).

Por meio dos avanços tecnológicos advindos dos sensores remotos, através de imagens de satélites, é possível analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal, bem como suas possíveis modificações em diferentes períodos, possibilitando o monitoramento do ambiente. Nesse sentido, os índices de vegetação têm sido largamente utilizados na determinação e estimativa do índice de área foliar, biomassa e radiação fotossintética ativa. Segundo Moreira (2003), podemos encontrar na literatura mais de 50 índices de vegetação, porém, os mais utilizados são o Razão Simples (RVI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), cuja sigla em inglês é NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

Rocha et. al (2013) também utilizaram o NDVI no intuito de identificar classes de uso do solo, para uma região pertencente ao norte de Minas Gerais, e apontaram o método como otimizador no processo de identificação de classes da cobertura vegetal. Ramos et. al (2010), utilizaram o NDVI para analisar a degradação no interior do parque Nacional Boqueirão de Onça (PNBO), no sub-médio da Bacia do Rio São Francisco e aponta este índice de vegetação como sendo mais sensível a vegetação esparsa, como é o caso da caatinga.

Sendo a Caatinga o único e exclusivo bioma brasileiro, se tem a necessidade da sua conservação, tendo em vista a manutenção do seu alto grau de endemismo e riqueza de espécies (QUEIROZ, 2009), pois, ao longo do processo de uso e ocupação do espaço semiárido, este bioma vêm passando por intensos processos de degradação devido às práticas agropecuárias e o extrativismo vegetal, realizados de forma intensiva, inadequada, e, em muitos casos, de forma predatória; resultando na perda da cobertura vegetal.

Partindo deste pressuposto optou-se pelo método de NDVI com o objetivo de analisar a degradação da Caatinga no Alto Curso do Rio Paraíba, uma área do Cariri paraibano onde este tipo de cobertura vegetal vem passando por diversos processos de deterioração ambiental deste do início da colonização, conforme pode-se constatar nos trabalhos efetuados por Koechlin (1980), Sousa (2007), Nascimento (2013), dentre outros estudos voltados para a análise da questão ambiental na área de abrangência do bioma Caatinga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e Caracterização da área de estudo

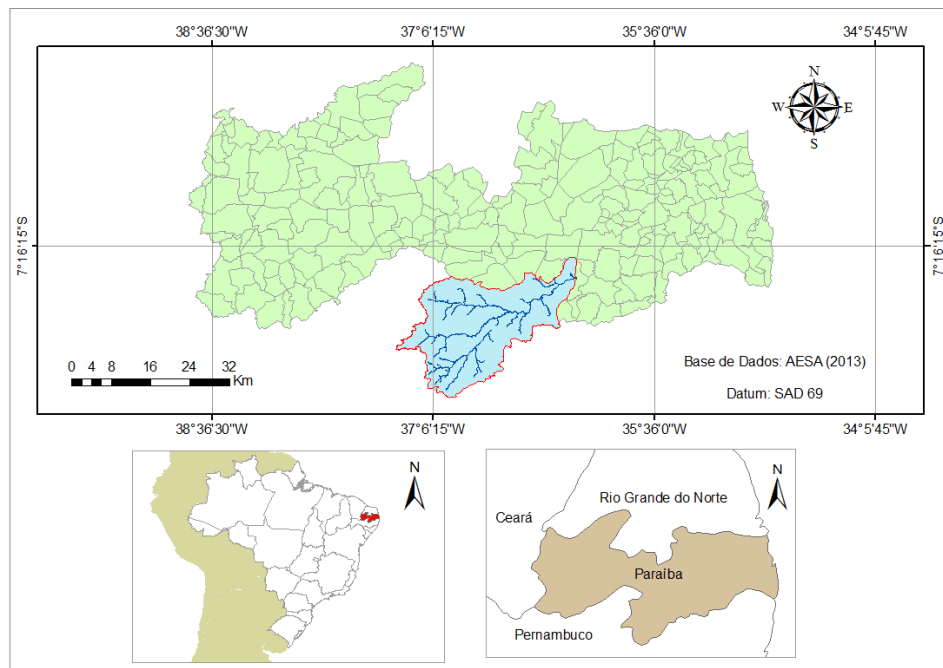
A Sub-bacia do Alto Paraíba está situada na microrregião do Cariri paraibano, na porção sudoeste do Planalto da Borborema, entre as coordenadas geográficas 7° 20'48" e 8° 18'12" de Latitude Sul e 36° 7'44" e 37°21'22" de Longitude Oeste (Figura 1).

A Sub-bacia do Alto Paraíba está inserida no Cariri paraibano e abrange uma área de 6.717,39 km², onde estão inseridos, parcial ou totalmente, 18 municípios: Boqueirão, Barra de São Miguel, Camalaú, São João do Tigre, Monteiro, São Sebastião do Umbuzeiro, Prata, Ouro Velho, Serra Branca, São João do Cariri, Cabaceiras, Congo, Sumé, Caraúbas, Coxixola, São Domingos do Cariri, Zabelê, e Amparo.

O Cariri é a microrregião do Estado da Paraíba localizada na franja ocidental do planalto da Borborema, área onde predomina o embasamento cristalino, com ocorrência de inselbergues e formações de pediplanos. Os solos em geral são rasos e a vegetação característica de toda área é a caatinga, variando de hipo a hiperxerófila, com a ocorrência ainda de matas serranas nos pontos mais altos e úmidos da região.

Localiza-se em plena "diagonal seca", onde se observam os menores índices de precipitação pluviométrica do semi-árido brasileiro, com médias anuais inferiores a 400 mm (Cohen e Duqué, 2001). Os climas variam de semi-árido a sub-árido seco de exceção, e são caracterizados por uma pluviometria que se concentra em um só período (3 a 4 meses), com médias anuais situadas entre 250 e 900 mm, irregularmente distribuída. As temperaturas médias anuais são relativamente elevadas, 25°C a 27°C, e a insolação média é de 2.800 horas/ano. A umidade relativa do ar é de cerca de 50% e as taxas médias de evaporação são em torno de 2.000 mm/ano.

Figura 1 – Localização da Sub-bacia do Alto Paraíba.



Fonte: Base de dados da Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba - AESA (2013).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi empregado neste estudo o software Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 5.1.8., a escolha deste software deve-se, sobretudo, ao fato deste ser gratuito e livre, mas também por que este provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Álgebra), a qual foi indispensável na realização deste trabalho.

No contexto de interfaces usuário-computador, LEGAL é classificada como “*interface por linguagem de programação*”. Para executar um procedimento de análise espacial em LEGAL, o usuário utiliza um editor de texto para escrever programas, seguindo a gramática desta linguagem, e submete-os ao interpretador da linguagem do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Na primeira etapa deste trabalho, foi construído um banco de dados geográficos no Spring, denominado Alto Paraíba, onde foi criado um projeto com o nome NDVI com as seguintes características: Retângulo Envolvente com coordenadas planas x1 680062.944664, x2 816945.950373, y1 9080712.610477 e y2 9187534.46937, envolvendo a região do Alto Paraíba. Foi selecionado o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), no Sistema de Referência

da América do Sul (SAD-69: South American Datum de 1969). Meridiano Central 39°. Zona 24. Hemisfério Sul. Posteriormente foram criados planos de informação pertencentes à categorias “Imagem”, para onde foram importadas as imagens TIFF; “Numérico”, com o objetivo de armazenar as imagens de NDVI geradas com uma grade numérica; e “Temático” onde foi criado as classes utilizadas na classificação da cobertura vegetal e onde ficaram os mapas temáticos de NDVI e arquivos do tipo *shapefile*. O arquivo *shape* correspondente à delimitação da Sub-bacia do Alto Paraíba foi usado como máscara para que fossem feitos os recortes das imagens TIFF, eliminando as áreas que não interessavam ao estudo.

Para analisar a evolução da cobertura vegetal, foram selecionadas as imagens do satélite Landsat-5, sensor Thematic Mapper (TM), disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), referentes às seguintes datas: 02-08-1989, Ângulo de Incidência Solar 45.5618 e 10-07-2004 (Ângulo, 0), órbita 215, ponto 065, que abrange a porção do cariri oriental, e para a área que compreende o cariri ocidental foram selecionadas as imagens datadas de 02-08-1989 (Ângulo, 44.5589), e 10-07-2004 (Ângulo, 0), referentes à órbita 215, ponto 066, todas próximas do período chuvoso e com resolução espacial de 30 metros.

Para visualizar os alvos, foram selecionadas as bandas 3, 4 e 5 da imagem do sensor TM-Landsat, correspondentes às faixas do vermelho visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente, a partir das quais gerou-se uma composição colorida, nas cores vermelho (R), verde (G) e azul (B) denominada imagem sintética, R5G4B3. Nesta composição, a vegetação densa é representada pela cor verde, o solo exposto pela cor magenta e as áreas em diferentes estágios de degradação em combinações de verde e magenta. Esta composição proporciona uma boa caracterização e diferenciação dos usos e coberturas da terra, facilitando a análise visual sobre a imagem para a extração de informações. Para calcular o NDVI foram utilizadas as bandas 3 (0,63 a 0,69 μm) e 4 (0,76 a 0,90 μm), correspondente as faixas do vermelho e infravermelho próximo, respectivamente (VENTURI, 2005). A equação do NDVI é: $\text{NDVI} = (\text{TM4} - \text{TM3}) / (\text{TM4} + \text{TM3})$, onde TM representa uma determinada banda espectral do sistema Landsat.

Para a banda TM 3 (região do vermelho), a vegetação verde, densa e uniforme fica escura. Por outro lado, para a banda TM 4, os corpos d’água ficam escuros e a vegetação verde, densa e uniforme fica clara. Disto “resulta uma nova banda espectral, representando a razão entre as bandas originais, onde as áreas claras indicam a presença de vegetação e as áreas escuras, sua ausência numa mesma data” (FREIRE; PACHECO, 2005, pag. 06)

Após a seleção das bandas espectrais, foi feita a conversão dos dados brutos (números digitais) encontrados nas imagens, em valores físicos (radiância e reflectância).

Abaixo é descrita a fórmula (equação 1) utilizada para a conversão do número digital (ND) em radiância monocromática, de acordo com Markham e Barker (1987a):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot \left[\left(\frac{L_{máx} - L_{mín}}{DN_{máx}} \right) x(DN) + L_{mín} \right]}{E_{\lambda} \cdot \cos(z) \cdot d_r} \quad (1)$$

sendo:

DN _ Número digital de cada pixel;

$máx L$ e $mín L$ _ são constantes de calibração de um determinado sensor; $máx DN$ e $mín DN$ _ são os valores máx. e mín. que o ND pode alcançar; L _ é a radiância espectral monocromática ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$).

Para o TM-Landsat-5 tem-se o $mín DN = 0$ e o $máx DN = 255$, já que sua resolução radiométrica é de oito bits. Portanto, a radiância pode ser calculada pela equação (2). Já a reflectância monocromática pode ser encontrada usando-se a equação (3):

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{máx} - L_{mín}}{DN_{máx}} \right) x(DN) + L_{mín} \quad (2)$$

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda}}{E_{\lambda} \cdot \cos(z) \cdot d_r} \quad (3)$$

sendo:

d_r o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol em unidades astronômicas;

z o Ângulo solar zenital (graus) no momento da aquisição; E _ Irradiância solar média no topo da atmosfera ($mW/cm^2 \cdot \mu m$); L Radiância espectral monocromática ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$), r _ Reflectância monocromática.

Fazendo (2) em (3) é obtida uma fórmula para conversão direta de ND em reflectância:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot \left[\left(\frac{L_{máx} - L_{mín}}{DN_{máx}} \right) x(DN) + L_{mín} \right]}{E_{\lambda} \cdot \cos(z) \cdot d_r} \quad (4)$$

Após a determinação dos valores físicos das imagens Landsat procedeu-se com o cálculo do NDVI proposto por Rouse et al. (1973). Onde os valores obtidos com o cálculo do NDVI são contidos numa escala de valores entre -1 e 1. Para esse índice, adotou-se a seguinte expressão:

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V} \right) \quad (5)$$

no qual: *IVP* é o Valor da reflectância na faixa do Infravermelho próximo; *V* é o valor da reflectância na faixa do Vermelho do Visível.

Posteriormente, foi feita a classificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal encontrados a partir do NDVI, onde foi utilizado a programação da LEGAL, disponível no Spring. O NDVI é representado pela faixa que vai de -1 a 1 e quanto mais próximo de -1 menor será o Índice de Vegetação e quanto mais próximo de 1 maior será o Índice de Vegetação. Desse modo, os valores de -1.0 a 0.0 foram classificados como água, de 0.0 a 0.2 solo exposto, 0.2 a 0.4 vegetação arbustiva aberta, 0.4 a 0.6 vegetação arbustiva semi-aberta, 0.6 a 0.8 vegetação arbustivo-arborea 0.8 a 1.0 foi classificado como vegetação arbóreo-arbustiva.

Essa classificação teve por base, além da composição colorida citada anteriormente, as observações in loco. Foram feitos quatro trabalhos de campo, com a finalidade de comparar o real e o virtual; em agosto de 2011 e abril de 2012 foram visitadas várias áreas no município de São João do Tigre. Em novembro de 2011 foi feito um trabalho de campo em áreas de São Domingos do Cariri e em fevereiro de 2013 foram percorridos os municípios de Cabaceiras, Coxixola, São Domingos do Cariri, Caraúbas, Prata, Ouro Velho, Sumé, Monteiro, São João do Cariri e Serra Branca.

RESULTADOS

Evolução do uso do solo

O processo de degradação na Sub-bacia do Alto Paraíba tem início com a ocupação do espaço pelo colonizador, mas é a partir da implantação do cultivo do algodão, consorciado com o milho e o feijão, que esse processo se torna mais intenso, mediante a intensificação do desmatamento da caatinga. Desse modo, a compreensão do tipo de degradação denominada de desertificação na região, perpassa pela necessidade de uma análise do processo de uso e ocupação desse espaço, e isso envolve não apenas uma análise da estrutura fundiária, mas, também da maneira como se deu o uso do solo ao longo dos anos.

A primeira atividade econômica que se desenvolveu na região do Alto Paraíba no início da colonização foi a pecuária, que esteve ligada à atividade canieira desenvolvida na Zona da Mata paraibana. Esta atividade desenvolveu-se em função do abastecimento de animais de tiro para os engenhos e do abastecimento da carne para os engenhos e os centros urbanos do litoral. O gado era variado, mas com o predomínio dos bovinos, animais que até os dias atuais são considerados nobres, juntamente com os eqüinos. É importante frisar que a pecuária sempre constituiu a principal atividade econômica da região, mesmo no período áureo da produção do algodão.

No século XVIII, com o declínio da produção açucareira no litoral, ganha impulso nas zonas mais áridas, a caprinocultura, como alternativa ao abastecimento de carne para a população da região. Outra importante razão para esse crescimento consistiu nas facilidades para conservação da carne seca dos pequenos ruminantes.

Ainda na segunda metade do século XVIII o cultivo do algodão é introduzido na região, momento em que o preço deste produto encontrava-se em alta no mercado internacional. Sua produção estava destinada principalmente para o mercado externo, sobretudo para as indústrias têxteis da Inglaterra. Assim, foi surgindo no Alto Paraíba uma pequena cadeia produtiva com a criação de indústrias domésticas de beneficiamento do algodão, através do seu descaroçamento.

No século XIX, novamente a pecuária bovina é fortalecida, através da associação com a cultura do algodão, que foi impulsionada no contexto da Guerra de Secessão, em função da queda da produção norte-americana, fortalecendo tanto o poder dos grandes proprietários de terra, quanto o binômio algodão-pecuária, como declara Francisco de Oliveira:

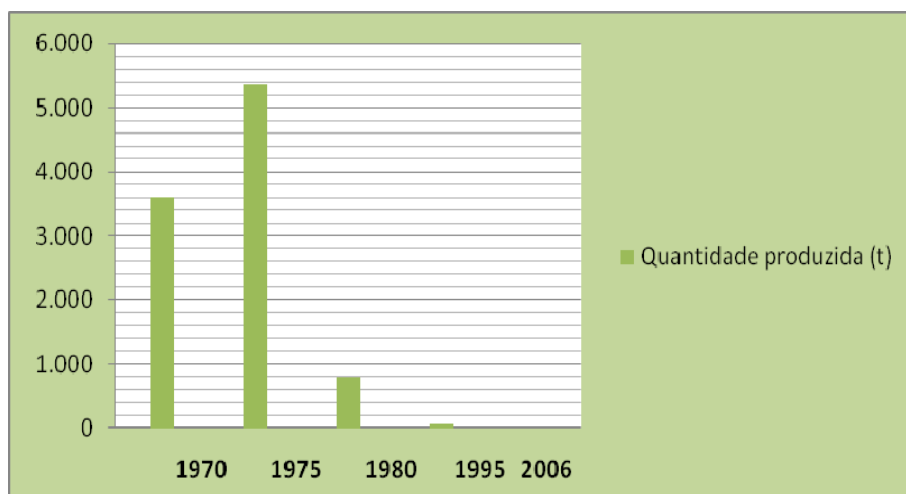
Aparece agora o algodão, nos vastos espaços do sertão nordestino, onde a pecuária reinara soberana durante séculos, vai se combinar com a própria pecuária e com as "culturas de subsistência" na estrutura peculiar, típica, do latifúndio-minifúndio (OLIVEIRA, 1977, p. 48).

Esta combinação conduz a transformações econômicas, constituindo o sistema latifúndio/algodão/pecuária, enquanto elemento central das relações sociais e produtivas, que tiveram como conseqüências a intensificação da concentração fundiária e a precarização do sistema produtivo algodão, pecuária e a cultura de subsistência.

Contudo, é importante lembrar que o algodão desempenhou um papel relevante no processo de desenvolvimento na região. No gráfico 01 podemos visualizar o auge da produção algodoeira, sobretudo, em 1975. Com o aparecimento da praga do bicudo (*Anthonomus grandis*), na segunda metade do século XX, veio o declínio da cotonicultura e conseqüentemente a perspectiva de uma melhoria socioeconômica para a região por meio dos benefícios advindos da produção algodoeira.

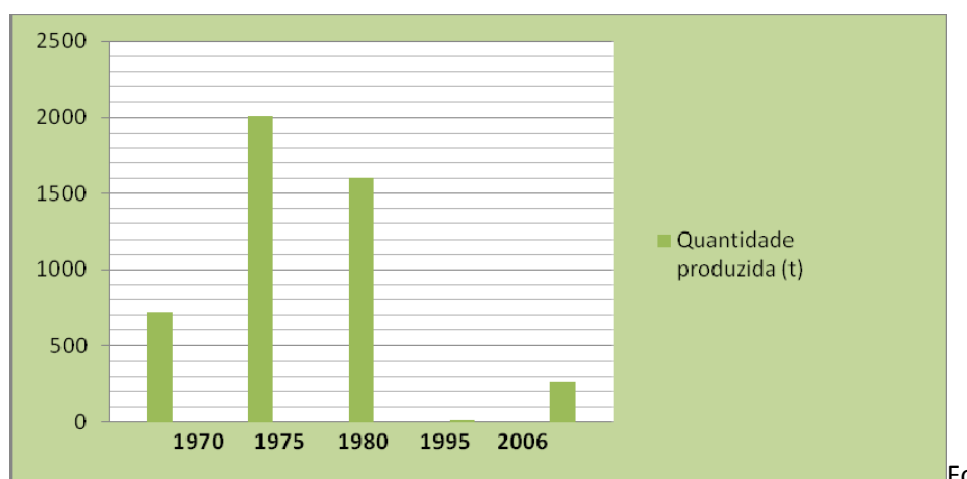
Outro importante produto que merece destaque na agricultura do Alto Paraíba, foi a produção da fibra do agave, com uma forte repercussão socioeconômica para a dinâmica dessa região. Em alguns momentos a produção do agave chegou até a disputar espaços com o algodão, conforme pode-se observar no gráfico 2.

Gráfico – 1 Quantidade produzida de Algodão no Alto Paraíba (1970-2006).



Fonte: SIDRA/IBGE (2012).

Gráfico – 2 Quantidade produzida de Agave no Alto Paraíba (1970-2006).



Fonte: SIDRA/IBGE (2012).

Contudo, diferentemente da cotonicultura, que teve o seu declínio associado ao bicudo, a cultura do agave teve seu declínio devido à retração nos mercados nacional e internacional, em virtude da utilização de fibras sintéticas e de uma maior concorrência no mercado externo, sobretudo com o México e países africanos (SILVA, 2006).

Analisando a Tabela 1, observa-se que, com a redução das áreas das lavouras do algodão e do agave, percebe-se o aumento das áreas de culturas temporárias, o que pode ser atribuído ao incentivo das políticas públicas governamentais (SILVA, 2006).

Os dados da tabela 01 também mostram que houve um aumento considerável da produção, tanto da lavoura temporária quanto da lavoura permanente (com exceção da mandioca) em 1975, se comparado a 1970. Esse aumento da produção pode ser verificado também no aumento do número de animais dos rebanhos. A quantidade de caprinos mais que dobrou em apenas 5 anos, passando de 66.595 em 1970 para 136.445 em 1975. Os gados bovino e ovino tiveram um aumento menos expressivo, mas considerável. O efetivo do gado bovino passou de 98.900 em 1970 para 125.036 em 1975 e os ovinos passaram de 72.021 em 1970 para 109.646 em 1975. Isso refletiu no aumento da produção animal.

Tabela 1 – Produção dos principais cultivos na região do Alto Paraíba (toneladas).

Anos	Cultivos Comerciais		Cultivo de subsistência		
	Algodão	Agave	Milho	Feijão	Mandioca
1970	3.595	724	4.434	1.978	559
1980	5.364	2.008	13.429	4.162	821
1985	811	1.602	2.143	724	136
1995	62	12	7.251	1.879	115
2006	3	263	13.600	2.843	228

Fonte: SIDRA/IBGE, Censo agropecuário (2013).

O aumento da produção agrícola e pecuária acarretou numa maior demanda de mão-de-obra no campo, fazendo com que também houvesse o aumento do número de pessoas ocupadas nos estabelecimentos agropecuários, uma vez que, a População Rural economicamente ativa em 1970 representava 26.412 do total da população e, em 1980 foi elevada para 27.864. A produção do carvão vegetal por sua vez reduziu nestes 5 anos, demonstrando assim que, a intensificação da produção agropecuária diminuiu a produção do extrativismo vegetal; contudo, nos períodos de estiagens, este se torna mais intenso devido a falta de alternativa a população local, conforme foi mencionado anteriormente.

Nesse caso, a menor produtividade na agricultura e também na pecuária, pode estar relacionada com a seca da década de 70, que atingiu não só o Alto Paraíba, mas o Nordeste como um todo. Na seca de 1970 no Nordeste, o declínio do

cultivo do milho e do feijão situou-se por volta de 45%. A crise social e econômica atingiu, sobretudo, os trabalhadores sem terra e os pequenos proprietários, os quais juntos totalizaram 92% dos flagelados inscritos nas frentes de trabalho. Destes, 42% eram parceiros, 7% rendeiros e foreiros, 17% assalariados e moradores e 26% proprietários com menos de 10 ha de área (HOLANDA, 1971 *apud* CAVALCANTI et al, 1981). No caso dos fazendeiros, apesar das dificuldades, sempre conseguiram manter o gado, somado ao fato de que o algodão mocó cultivado nessas propriedades era das lavouras mais resistentes às condições de aridez.

Os dados da Tabela 2 também mostram uma rápida expansão das áreas de pastagens plantadas a partir de 1980. Esse aumento está associado a certas políticas de combate à seca, principalmente para a produção de pastagens, com o uso predominante do campim-bufel (*Cenchrus ciliaris*), e o reflorestamento com a disseminação do plantio da algaroba (*Prosopis juliflora*).

De acordo com Moreira e Targino (1996), a algaroba foi introduzida na região do Cariri paraibano no ano de 1975, perdurando até 1986, chegando a concentrar 83% da produção estadual. O objetivo foi tornar a pecuária menos dependente das pastagens nativas, já que a algaroba, além de se apresentar adaptada e resistente à seca, possui folhas perenes, servindo assim de alimento para o gado durante todo o ano, frutificando-se no período de seca (SOUZA, 2008).

Tabela 2 – Utilização das terras na região do Alto Paraíba (hectares).

Anos	Lavouras		Pastagens		Terras não utilizadas
	Permanentes	Temporárias	Naturais	Plantadas	
1970	57.408	45.916	445.148	6.380	40.145
1975	48.641	46.227	551.834	4.365	18.549
1980	34.254	84.367	387.569	10.742	46.203
1985	14.965	77.465	410.915	12.341	33.572
1995	1.594	49.242	324.862	27.244	17.618
2006	4.673	24.389	236.132	22.349	16.123

Fonte: SIDRA/IBGE (2013).

Mas, apesar de rentável, essa iniciativa teve uma repercussão negativa para o ambiente uma vez que, se fez necessário a derrubada da mata nativa para a sua introdução. Acrescenta-se a isso o fato desta ter se tornado um grave passivo

ambiental, sobretudo em virtude da sua dominância entre as espécies da caatinga, gerando assim grandes modificações nas paisagens.

Nas últimas décadas, com o grande incentivo das políticas governamentais à atividade da ovinocaprinocultura, houve uma mudança no perfil da pecuária na sub-bacia do Alto Paraíba, conforme pode-se observar na tabela 03.

Analisando os dados da tabela 03, observa-se que o rebanho bovino apresenta um crescimento considerável no período de 1970-1985, entretanto, passa a haver um declínio após 1995, enquanto que, a ovinocaprinocultura continua em ascensão, com exceção do período que compreende 1985-1995, quando é registrada uma diminuição considerável do gado caprino. Esse quadro começa a mudar a partir de 2000, após o período de indefinições no que se refere às políticas públicas para o desenvolvimento, sobretudo dos setores rurais, mediante a atuação de algumas lideranças comunitárias e políticas locais e do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

Tabela 3 – Evolução da pecuária no Alto Paraíba.

Anos	Bovinos	Caprinos	Ovinos
1970	98.900	66.595	72.021
1975	125.036	136.445	109.646
1980	94.029	130.412	89.866
1985	137.681	181.604	113.771
1995	137.951	167.865	142.508
2006	104.478	202.406	138.378

Fonte: SIDRA/IBGE, Censo agropecuário (2013).

O SEBRAE, dentro da proposta do Pacto Novo Cariri, seguido do Projeto Dom Hélder apoiado pela SDT/MDA, constroem um espaço de discussão sobre o incentivo à caprinocultura no Cariri. Esta articulação se expressa na ascensão do efetivo de rebanhos de caprinos, estabelecendo um espaço de comercialização, como visto na proposta do Programa de Aquisição de Alimentos/Leite e na implementação de uma cadeia produtiva voltada para a produção leiteira, esforço esse ausente na década de 1990 do século passado, que culminou com a queda acentuada no efetivo do rebanho. Contudo, destaca-se que no momento em que o rebanho caprino aumenta (1995 a 2006), a ovinocultura apresenta uma queda acentuada, o que pode ser explicado face a maior atenção dada a caprinocultura.

O Pacto Novo Cariri consiste no estabelecimento de uma agenda de compromissos entre a sociedade civil, as entidades públicas e a livre iniciativa, e funciona como uma gestão compartilhada para o desenvolvimento da região, com prioridade para a caprinovinocultura. As ações empreendidas começaram por organizar os produtores em associações, estimulando a criação destas onde não existiam e o fortalecimento das já existentes. Nessas associações, o SEBRAE passou a orientar os produtores em diversas frentes que, no geral, estão fundamentadas na capacitação, orientação técnica e orientação para obter linhas de crédito junto aos agentes financeiros.

A assistência técnica começou a ser feita por pessoas que tivessem Nível Médio de ensino e fossem da região, capacitados por algumas instituições, como a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), para prestar orientação aos produtores em suas propriedades nas áreas de veterinária, zootecnia e agronomia. Desse modo surgiram os Agentes de Desenvolvimento Rural (ADR's). O aumento do número de rebanhos, por sua vez, gera um problema relacionado com a demanda cada vez maior por áreas para a criação dos animais. Como na região do Alto Paraíba predominam as pequenas propriedades, a elevada carga animal acaba por acarretar conseqüências negativas para o ambiente, com o aumento da pressão sobre a vegetação de caatinga, contribuindo significativamente para a sua degradação.

De acordo com Guimarães Filho & Lopes (2001), nas áreas mais secas do semiárido são necessários de 200 a 300 ha. para manter, em condições semi-extensivas, um rebanho de caprinos para corte com 300 matrizes, tornando viável a reprodução e a acumulação dos meios de produção de uma família. Como na região do Alto Paraíba, as propriedades estão altamente concentradas no grupo das pequenas propriedades, conforme visto anteriormente, o desenvolvimento desta atividade em bases sustentáveis torna-se praticamente inviável.

Desse modo, há a necessidade de atualização constante dos registros de uso e ocupação do espaço geográfico nestas áreas, para que possam ser tomadas as medidas cabíveis com relação à gestão de uso sustentável dos recursos naturais. Em virtude da importância e da carência de dados de campo para monitorar a dinâmica espaço-temporal da Caatinga em regiões do semi-árido brasileiro, pesquisas com o uso sensoriamento remoto aliada às técnicas de geoprocessamento permitem a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito do uso da terra, com reduzido apoio de campo, economia de tempo e de custos financeiro.

ESTRUTURA FUNDIÁRIA

Conforme pode ser observado na Tabela 04, na Sub-bacia do Alto Paraíba existe uma maior quantidade de propriedades com menos de 100 hectares, onde estas abrange as menores áreas em relação a área total dos estabelecimentos

agropecuários. Esse problema da concentração fundiária não é só na Sub-bacia do Alto Paraíba, nem se restringe ao Nordeste brasileiro, contudo, dadas as especificidades naturais e sócio-econômicas dominantes no semiárido, as conseqüências para o ambiente são sempre mais agravantes (NASCIMENTO, 2013).

Em 2006, por exemplo, as propriedades com menos de 100 ha. Representavam 90,52% do número total das propriedades rurais, contudo ocupavam apenas 30,82% da área total, enquanto que as propriedades com mais de 100 ha representavam apenas 9,48% da quantidade de estabelecimentos e ocupavam 69,18% da área total. Na tabela a seguir pode-se observar essa discrepância no período que compreende o período 1970-2006.

Tabela 4 – Estrutura fundiária na Sub-bacia do Alto Paraíba no período 1970-2006.

Propriedades	1970		1980		1995/11996		2006	
	QTD	Área (km ²)	QTD	Área (km ²)	QTD	Área (km ²)	QTD	Área (km ²)
Menos de 10 ha.	6.478 (50,51%)	26.566 (4,77%)	6.838 (52,95%)	41.921 (5,82%)	4.195 (47,1%)	27.732 (4,0%)	5.582 (49,08%)	24.111 (4,87%)
10 a Menos que 100 ha.	5.061 (39,46%)	154.732 (27,81%)	4.726 (36,6%)	152.146 (21,15%)	3.338 (37,48%)	119.351 (17,44%)	4.711 (4,42%)	128.413 (25,95%)
100 a menos que 500 ha.	1.047 (8,16%)	203.875 (36,64%)	956 (7,4%)	200.028 (27,8%)	1.002 (11,25)	204.380 (29,87%)	856 (7,52%)	175.755 (35,52%)
Acima de 500 ha.	237 (1,84%)	171.156 (30,76%)	392 (3,03%)	325.212 (45,21%)	371 (4,16%)	332.607 (48,62%)	222 (1,95%)	166.524 (33,65%)

Legenda: QTD - Quantidade

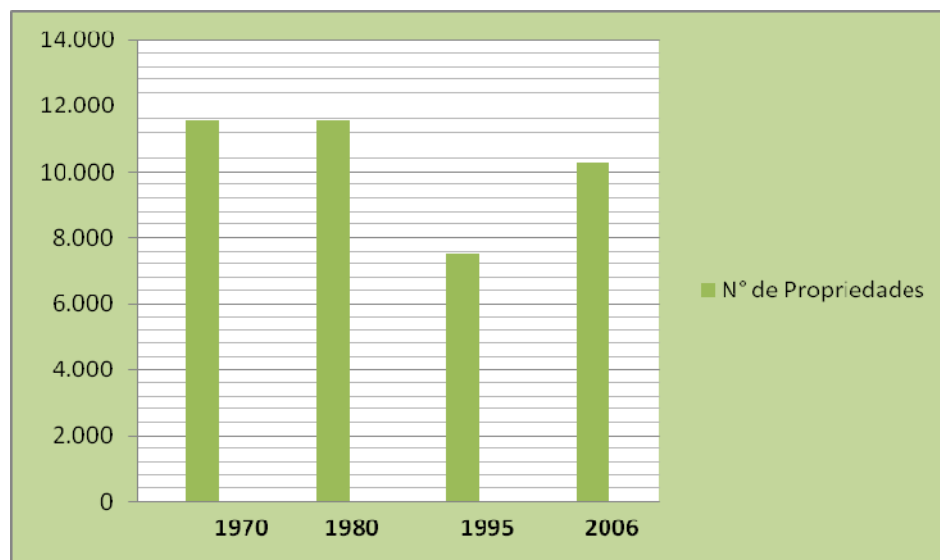
Fonte: IBGE (Organização: S.S. Nascimento, 2013).

No Gráfico 3 observa-se que na região do Alto Curso do Rio Paraíba o número das pequenas propriedades (menos de 100 ha.) permaneceu constante entre as décadas de 1970 e 1980. Em 1995 há um declínio dessa quantidade e volta a haver um crescimento após esta década conforme mostra os dados obtidos em 2006, ou seja, está havendo um desmembramento das propriedades e um aumento da pressão sobre a terra. De acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), as propriedades com menos de 100 ha. são classificadas pequenas propriedades, já que em sua classificação estabelece

os seguintes critérios: até 4 módulos fiscais (cerca de 240ha.) tem-se uma pequena propriedade; acima de 4 e até 15 módulos fiscais (acima de 240 e até 900ha.) tem-se uma média propriedade, enquanto as áreas acima de 15 módulos fiscais (mais de 900ha.) são classificadas como grandes propriedades (Souza, 2008).

Contudo, convém ressaltar que as tecnologias desenvolvidas pelos órgãos governamentais (especialmente a EMBRAPA) para se obter rentabilidade e impactar menos as terras do semi-árido foram criadas para serem praticadas em propriedades com tamanho superior a esse patamar (acima de 100 ha.), logo, a quantidade de proprietários atendidos por estas tecnologias é muito pequena, constituindo os médios e grandes proprietários.

Gráfico 3 – Quantidade das propriedades com menos de 100 ha. na Sub-bacia do Alto Paraíba



Fonte: IBGE (2013).

Outro grande problema que atinge não só ao Sub-bacia do Alto Paraíba, mas o Nordeste brasileiro, diz respeito ao tamanho médio das propriedades destinadas aos assentamentos rurais, que é o menor do país, com cerca de 17 ha. Além disso, considerável parte dos assentamentos não tem investimentos no processo produtivo, com isso os trabalhadores são obrigados a buscar a sobrevivência no extrativismo generalizado, particularmente nos períodos de estiagens prolongadas, num nível que supera a capacidade de resiliência dos ecossistemas (BUAINAIN & PIRES, 2003).

Em síntese, o que se pode apreender sobre os dados da estrutura fundiária na Sub-bacia do Alto Paraíba do período 1970-2006, é que houve um aumento do

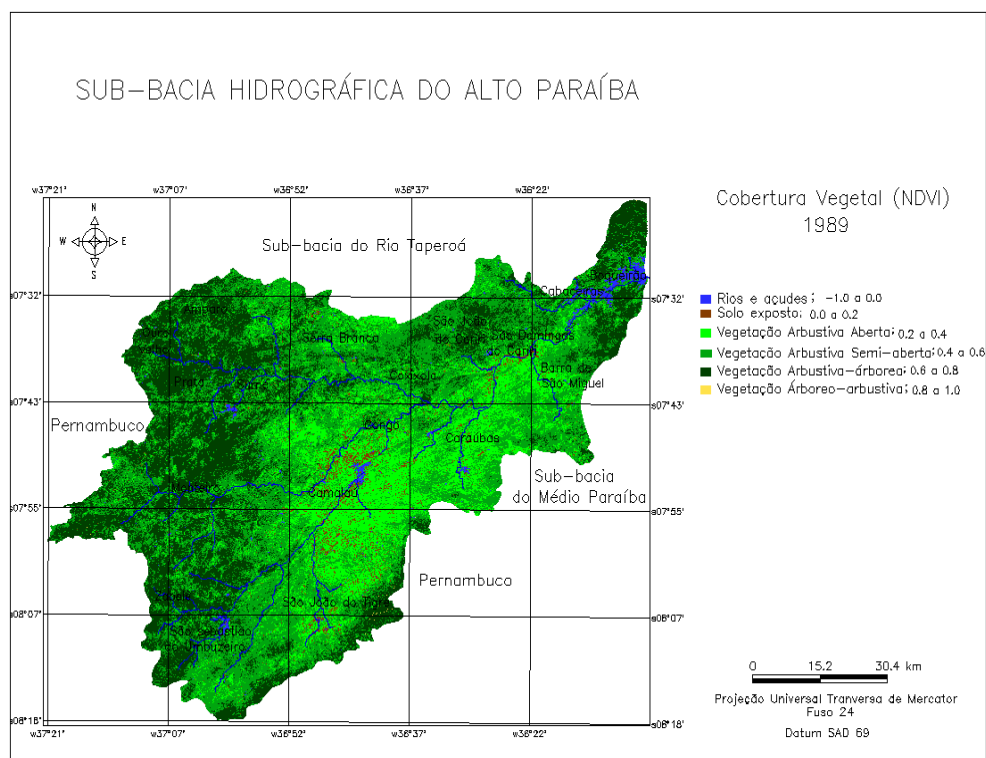
número de pequenas propriedades e conseqüentemente uma intensificação do uso do solo. Isto representa um aspecto muito negativo, haja vista o fato de que existem limites de exploração no bioma caatinga.

USO DO NDVI NA ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL

As alterações na configuração da caatinga da área de estudo podem ser observadas nas figuras 02 e 03, que correspondem, respectivamente, aos anos de 1989 e 2004.

As figuras mencionadas permitem observar que as áreas de caatinga Arbustiva aberta e Semi-aberta englobam também as áreas destinadas a pastagens e também aos cultivos, uma vez que as áreas de plantio, após a colheita, passam a ser utilizadas como pasto.

Figura 2 – Cobertura vegetal da região do Alto Paraíba, em 1989.



A Figura 2 mostra que as áreas com o tipo de caatinga Arbustiva Aberta e Semi-aberta e, solo exposto, estão situadas, sobretudo, nas proximidades dos corpos d'água, onde o uso agropecuário é mais intenso. Apesar da presença do solo exposto em algumas áreas, a Caatinga Semi-aberta ocupa o maior percentual da

áreas com solo exposto aumentaram em 0,8%, enquanto que as áreas com caatinga do tipo Arbustivo-arbórea foram reduzidas em 16,5%, conforme pode ser visualizado na figura 03 e nos dados da tabela 05. Neste caso, pode-se inferir que o elevado percentual de caatinga rala e solo exposto observado nesse momento pode estar relacionado à maior pressão exercida sobre os recursos da caatinga, devido ao incentivo da atividade pecuarista, que tem um maior impulso a partir de 2000.

Tabela 5 – Classes da cobertura vegetal no Alto Paraíba (1989-2004)

Classes da cobertura vegetal/1989		
Classes	Área (km ²)	%
Vegetação Arbóreo-arbustiva	1,1	0,016
Vegetação Arbustivo-arbórea	2119,3	31,5
Vegetação Arbustiva Semi-aberta	2926,8	43,5
Vegetação Arbustiva Aberta	1451,7	21,6
Solo exposto	158,6	2,4
Rios e açudes	74,3	1,1
Total	6.731,6	100,00
Classes da cobertura vegetal/2004		
Classes	Área (km ²)	%
Vegetação Arbóreo-arbustiva	0,4	0,005
Vegetação Arbustivo-arbórea	1009,6	15,0
Vegetação Arbustiva Semi-aberta	3409,2	50,6
Vegetação Arbustiva Aberta	2013,7	29,9
Solo exposto	212,4	3,2
Rios e açudes	86,3	1,3
Total	6.731,7	100,00

Os modos convencionais de uso do solo em sua exposição e vulnerabilidade desencadeiam o transporte eólico dos sedimentos e matéria orgânica acarretando perdas significativas da camada agricultável do solo, principalmente no período de estiagem quando as partículas podem sofrer desagregações em função da ação do vento.

Os resultados desta pesquisa, ao analisar a cobertura vegetal no Alto Paraíba, demonstram que, o mau uso da caatinga como alternativa energética através do desmatamento, tem aprofundado ainda mais os problemas relativo à qualidade do solo pela substituição da mata nativa por culturas sazonais sem a reposição dos nutrientes retirados e manejo adequado. Sem uma preocupação com o reflorestamento, aumenta-se a susceptibilidade ao desaparecimento irreversível de algumas espécies da caatinga.

A análise das alterações da cobertura vegetal no semiárido tem que levar em consideração os efeitos das precipitações, visto que a caatinga tem uma resposta muito rápida à presença de umidade e há uma significativa mudança no aspecto da mesma em função disso. Sendo assim, analisando as imagens de satélites obtidas em meses bem próximos ao período chuvoso, percebe-se, de uma forma geral, que houve um aumento das áreas com caatinga rala, ou seja, houve um aumento da degradação na área e conseqüentemente uma redução da cobertura vegetal mais preservada. Esse fato está estreitamente relacionado com as formas de uso que vem ocorrendo na Sub-bacia, e que vão estar relacionadas com as intervenções do estado na mesma através das políticas públicas e dos incentivos à produção.

Figura 4 - Área apresentando degradação grave em São Domingos do Cariri - dezembro de 2011.



Fonte: Pesquisa de campo (2011).

Nestas áreas, altamente desertificadas, as espécies pioneiras da caatinga ocorrem em quantidade pouco numerosa; em função do alto nível agropecuário ao qual foram e ainda são submetidas, soma-se a isto, o desmatamento da vegetação nativa para a venda de lenhas às olarias e panificadoras locais e de outras localidades do Estado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da degradação da caatinga, por meio do uso do NDVI, mostrou que, no período compreendido entre 1989 e 2004, houve um considerável avanço na deterioração da condição da cobertura vegetal no Alto Paraíba, este processo está diretamente relacionado ao desenvolvimento das atividades agropecuárias desenvolvidas de modo insustentável ao longo dos anos, sobretudo às margens dos corpos hídricos, onde a vegetação se apresenta mais esparsa e, portanto com o maior nível de degradação.

A utilização das imagens LANDSAT5/TM neste trabalho se configurou como plenamente satisfatória para a obtenção dos resultados esperados na produção do NDVI assim como a utilização do software SPRING por meio da programação LEGAL presente no mesmo, que contribuiu de forma facilitada na classificação das classes de cobertura vegetal.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A.E.X.; OLIVEIRA, I.P.; CRUZ, M.L.B. **Degradação Ambiental/Desertificação na região de Canindé-CE: Análise e Mapeamento espectro-temporal a partir de Imagens Landsat**. In: IV Seminário Latino Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, maio de 2010.

ALVES, J.J.A.; Araújo, M.A.; Nascimento, S.S. **Degradação da Caatinga: uma avaliação ecogeográfica**. Caminhos da Geografia. (UFU. Online), 2008 a.V.9 p. 143-155.

ANDRADE LIMA, D. A. **The caatinga dominium**. Revista Brasileira de Botânica. Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 149-153, 1981.

ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. **Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BUAINAI, A.M.; PIRES, D. **Reflexões sobre reforma agrária e questão social no Brasil**. Brasília: INCRA, 2003.

COHEN, M. ; DUQUE, G. **Le deux visages du Sertão: Stratégies paysannes face aux sécheresses (Nordeste du Brésil)**. Paris, Éditions de L'IRD, 2001.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; BARSÍ, J. A. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. **IEEE Geoscience And Remote Sensing Letters**, v. 4, n. 3, p. 490-494, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 06 de janeiro de 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 de novembro de 2012.

INPE. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso: abril de 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. **Publicação Especial**, Ano I Nº 02. Dezembro de 2010 - Circulação Nacional, p. 8. Acessado em: <http://www.incra.gov.br>, 19 de abril de 2013.

MALDONADO, F. D. **Rotação Espectral Controlada como alternativa em Análise por Componentes Principais para detecção de mudanças em regiões do semi-árido**. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, 2001, p. 627-630. Anais.

SOUSA, R. F. de. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano**. 2007. 180p.: il. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2007.

SOUZA, B. I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. (Tese de Doutorado. UFRGS). Porto Alegre, 2008.

MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. **Radiometric Properties of U.S. processes Landsat MSS data**. Remote Sensing of Environment, New York, v. 17, p. 39-71,1987a.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. **Thematic Mapper bandpass solar exoatmospherical radiances**. International Journal of Remote Sensing, v. 8, n. 3, p.517-523, 1987b.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2.ed. Viçosa-MG: UFV, 2003. 307 p.

NASCIMENTO, S. S. **Análise Multitemporal do Processo de Desertificação na Sub-bacia Hidrográfica do Alto Paraíba**. 120 f. (Dissertação de Mestrado, UFPB/CCEN). João Pessoa-PB, agosto de 2013.

NOVO, E.M.L de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. Sao Paulo: Edgar Blucher, 1988. 308p.

FLORENZANO, T.G.**Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2º ed. do Imagens para Estudos Ambientais. Oficina de Textos, São Paulo, 2007.

FREIRE, N.C.F, PACHECO, A. P. **Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó**. XII. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais**, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE.

PACHECO. A. P; FREIRE, N. C. F; BORGES, U. N. **Uma Contribuição do Sensoriamento Remoto para Detecção de Áreas Degradadas na Caatinga Brasileira**. Instituto de estudos sócio-ambientais. Goiânia – GO, 2006.

RAMOS, R.R.D.; LOPES,H.L.; MELO JÚNIOR,J.C..F.; CANDEIAS,A.L.B.; SIQUEIRA FILHO,J.A. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Avaliação de Áreas Degradadas e Potenciais para Unidades de Conservação**. III Simpósio de Brasileiro de Ciência Geodésicas e Tecnologias da Informação. 27-30 de julho de 2010. Recife-PE.

ROCHA, A. S.; MEIRELES, T.A.V; ANDRADE JÚNIOR, I.O.; **Uso do NDVI na Identificação de Classes de Uso do Solo**. In: XIV Seminário de Pesquisa e Pós-Graduação, XII Seminário de Iniciação Científica, IV Seminário PIBID, 25 a 28 de

setembro de 2013. Campus Universitário Professor Darcy Ribeiro, Montes Claros-MG. Disponível in: www.fepeg.unimontes.br.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. Proceedings. Whashington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

VENTURI, LA.B. (organizador); **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

Contato com o autor: sebastianageo-pb@hotmail.com

Recebido em: 03/12/2013

Aprovado em: 31/05/2014