



**UNIVERSIDADE FEDERAL PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**SEBASTIANA SANTOS DO NASCIMENTO**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARAÍBA**

**João Pessoa – PB  
Agosto de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**SEBASTIANA SANTOS DO NASCIMENTO**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARAÍBA**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB), sob a orientação do Professor Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima.

**João Pessoa – PB  
Agosto de 2013**

N244a Nascimento, Sebastiana Santos do.

Análise multitemporal do processo de desertificação  
na sub-bacia hidrográfica do Alto Paraíba / Sebastiana  
Santos do Nascimento.-- João Pessoa, 2013.

120f. : il.

Orientador: Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCEN

1. Geografia. 2. Sub-bacia - Alto Paraíba. 3. Índices de  
desertificação. 4. Vulnerabilidade socioambiental. 5.  
Semiárido. 6. Caatinga.

**“Análise Multitemporal do Processo de Desertificação na Sub-Bacia  
Hidrográfica do Alto Paraíba”**

por

**Sebastiana Santos do Nascimento**

Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de  
Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:

*Bartolomeu Israel de Souza*  
Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Orientador

*Bartolomeu Israel de Souza*  
Pro. Dr. Bartolomeu Israel de Souza

Co-orientador

*Richarde Marques da Silva*  
Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

Examinador interno

*José Jakson Amâncio Alves*  
Prof. Dr. José Jakson Amâncio Alves

Examinador externo

Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Ciências Exatas e da Natureza  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Curso de Mestrado em Geografia

Agosto/2013

Ao Deus Criador do universo pelo Seu Espírito Consolador em todos os momentos da minha vida, minha fonte de inspiração e conforto em cada passo da minha formação acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Acredito que Deus está sempre ao lado daqueles que Nele crêem e confiam, para tanto, Ele atua através de outras pessoas por Ele iluminadas. Na difícil e prazerosa caminhada acadêmica Ele atuou na minha vida por meio de muitas pessoas, as quais venho expressar meus sinceros agradecimentos.

Ao Deus que me criou e me amou mesmo antes que eu viesse a existir no ventre da minha mãe, minha eterna gratidão por me proporcionar a oportunidade de viver e subir mais um degrau na minha formação acadêmica na Geografia.

Ao meu orientador Professor Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho sob sua orientação, pelo conhecimento transmitido, pela paciência e compreensão durante a realização desta pesquisa.

Ao Professor co-orientador, Dr. Bartolomeu Israel de Souza, pelas sugestões e pelo conhecimento partilhado, principalmente durante as pesquisas de campo.

À Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa Reuni durante os vinte e quatro meses do Curso de mestrado.

À minha querida mãe Severina pelo apoio constante, minha conselheira, minha amiga.

Ao meu filho Isaac, pelo seu amor, compreensão e cuidado. Muito obrigada meu anjo por cuidar tão bem de mim e estar sempre ao meu lado, você é o presente mais precioso que Deus me concedeu.

À Iara e seu Paulo César, a família que eu encontrei em João Pessoa, pessoas iluminadas que Deus colocou no meu caminho, eles me acolheram como uma filha e assim como Isaac, sempre estiveram ao meu lado nos momentos que eu mais precisei de um ombro amigo. À Larissa também que me acolheu como uma irmã serei eternamente grata aos três por todo o cuidado e atenção.

Aos meus irmãos Jurandir, Marciel, Lenildo, Josélia, minha cunhada Vanuza e minha tia Josefa, pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Às minhas grandes amigas e companheiras de trabalho Priscila Pereira e Mônica Macêdo pelo apoio e pelos momentos de discussões muito proveitosas que tivemos.

À dona Geciene Aires de Macedo, mãe da Mônica, que sempre me atendeu com muita gentileza e uma simpatia inestimável.

Ao Professor Richarde Marques, ao Alessandro e à Glauciene pelas contribuições na área de geoprocessamento. O amplo conhecimento do Alessandro no uso do Software SPRING, foi fundamental, para sanar as dúvidas que surgiram ao longo dos procedimentos metodológicos.

Ao Professor Jakson Amancio pelo conhecimento geográfico partilhado e pelo grande incentivo à minha formação acadêmica.

Ao professor Anieres Barbosa pelo material bibliográfico disponibilizado e pelo conhecimento partilhado, durante as aulas da disciplina Estado, políticas públicas e dinâmicas socioterritoriais no semiárido nordestino.

## RESUMO

A Organização das Nações Unidas (ONU) define a desertificação como sendo um tipo de degradação ambiental que ocorre nas áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, sendo esta resultante das variações climáticas e das atividades humanas (United Nations, 2001). Na Paraíba, devido ao clima predominantemente seco (semiárido e subúmido seco), mais de 90% do seu território apresenta áreas susceptíveis à desertificação (BRASIL, 2004), e uma das áreas mais propensas e afetadas por este processo é a microrregião do Cariri, onde se encontra inserida a Sub-bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba, objeto de estudo do presente trabalho. Diferentes níveis de intensidade da susceptibilidade e da ocorrência da desertificação podem ser identificados a partir da integração de indicadores ambientais e socioeconômicos, que podem ser reunidos em um índice para uma melhor compreensão do processo. Desse modo, o objetivo geral deste trabalho foi o de analisar a tendência evolutiva no tempo e como se reflete no espaço o processo de desertificação na área de estudo, a partir aplicação da metodologia desenvolvida por Sampaio et al. (2003), que propõe a análise do processo de desertificação a partir do estabelecimento de índices de propensão ou susceptibilidade e índices de desertificação, com base na progressão de etapas do processo, tais como a redução na cobertura vegetal, a degradação ambiental, a deterioração da agricultura e o agravamento das condições sociais e econômicas. A propensão à desertificação manteve um nível baixo de propensão em 53,9% da sub-bacia nas duas primeiras décadas analisadas (1990 e 2000). Contudo, o nível grave, não registrado na primeira década, passou a representar 21,6% da área da sub-bacia na década de 2000, em função da redução dos níveis moderado e alto. Em 2010, o nível baixo de propensão diminuiu em 44,4%, passando a representar apenas 9,5% da área da sub-bacia, enquanto que, o nível moderado foi elevado de 17,6% na década anterior para 42,6%. O nível alto de propensão aumentou em 7,0% e o nível grave teve um aumento de 11,9%. Em relação à ocorrência da desertificação no Alto Paraíba no período compreendido entre as décadas de 2000 e 2010, de modo geral, houve também um agravamento da problemática analisada. As áreas consideradas não desertificadas aumentaram em 26,4%, mesmo com a redução de 20,2% do nível grave, o nível alto, que não havia sido registrado na década anterior, passou a representar 68,6% da sub-bacia. Em síntese, o que se pode apreender dos resultados obtidos para a propensão à desertificação, é que houve deterioração nas condições gerais existentes na área de estudo, expressas pelos índices utilizados, que fizeram com que houvesse um aumento das áreas com grave propensão à desertificação. No que tange aos resultados obtidos em relação aos níveis de desertificação, observou-se que, de uma forma geral, houve um agravamento da situação da desertificação na sub-bacia do Alto Paraíba, uma vez que houve uma diminuição das áreas consideradas não desertificadas, houve um aumento das áreas com alto e grave nível de desertificação, e nas duas últimas décadas, não se verificam áreas com baixo e moderado nível de desertificação.

**Palavras – chave:** Sub-bacia do Alto Paraíba, Índices de Desertificação, Vulnerabilidade Socioambiental, Semiárido, Caatinga.

## ABSTRACT

The United Nations (UN) defines desertification as a kind of environmental degradation that occurs in arid, semi-arid and dry sub-humid areas, this being a result of climatic variations and human activities (United Nations, 2001). In Paraíba, due to the predominantly dry climate (semi-arid and dry sub-humid), over 90% of its territory has areas susceptible to desertification (BRAZIL, 2004), and one of the areas most prone and affected by this process is the Cariri microregion, where is inserted the hydrographic basin of the Upper Course of Paraíba River, the object of study of this work. Different intensity levels of susceptibility and occurrence of desertification can be identified from the integration of environmental and socioeconomic indicators, which can be assembled in an index to a better understanding of the process. Thus, the objective of this study was to analyze the evolutionary trend in time and space and how it is reflected in the process of desertification in the study area, from applying the methodology developed by Sampaio et al. (2003), which proposes the analysis of desertification processes from the establishment of propensity or susceptibility indexes and desertification indexes, based on the progression of process steps, such as the reduction in vegetation cover, environmental degradation, deterioration agriculture and the deterioration of social and economic conditions. The propensity to desertification kept a low propensity for 53.9% of the sub-basin in the first two decades analyzed (1990 and 2000). However, the severe level, not recorded in the first decade, now represents 21.6% of the sub-basin area in the 2000s, due to the reduction of moderate and high levels. In 2010, the low propensity level decreased 44.4%, and accounted for only 9.5% of the area of sub-basin, while the moderate level was increased from 17.6% in the previous decade to 42.6%. The high propensity level increased by 7.0% and severe level increased by 11.9%. In relation to the occurrence of desertification in AltoParaíba in the period between the decades of 2000 and 2010, overall, there was also a worsening of the problem analyzed. Areas considered notdesertified has increased by 26.4%, even with a reduction of 20.2% of the severe level, that had not been registered in the previous decade, now represents 68.6% of the sub-basin. In summary, what it can learn of the results obtained for the propensity to desertification, is that there has been deterioration in the general conditions existing in the study area, expressed by the indexes used, which meant that there was an increase in areas prone to severe desertification. With respect to the results obtained in relation to the desertification levels, it was observed that, in general, there was a worsening of the desertification situation in AltoParaíba's sub-basin, once there was a decrease of areas considered not desertified, it had an increase of high and severe desertification level areas, and in the last two decades, there was not occurred areas with low to moderate desertification levels.

**Words - key:** Sub-basin of AupperParaíba, Desertification Indexes, Socioenvironmental Vulnerability, Semiarid, Caatinga.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ADENE - Agência de Desenvolvimento do Nordeste  
ADR's - Agentes de Desenvolvimento Rural  
AESÁ - Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba  
ASD - Áreas Susceptíveis à Desertificação  
AS-PTA - Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa  
CCD - Convenção Internacional de Combate à Desertificação  
CCEN - Centro de Ciências Exatas e da Natureza  
CNBB - Conferência Nacional dos Bispos do Brasil  
CONSLAD - Conferência Nacional da Desertificação  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
FNE - Fundo Constitucional do Nordeste  
GNSS – Sistemas Globais de Navegação por Satélite  
GTDN - Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste  
IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano  
IFOCS - Instituto Federal de Obras Contra as Secas  
IHGB - Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro  
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IOCS - Inspetoria de Obras Contra as Secas  
NASA - Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço  
ONGs - Organizações Não-Governamentais  
ONU - Organização das Nações Unidas  
PAA - Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar  
PAA - Programa de Aquisição de Alimentos/Leite  
PACD - Plano de Ação de Combate à Desertificação  
PAD – Programa Água Doce  
PAE - Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas  
PAN - Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação  
PCPR - Programa de Combate à Pobreza Rural

PNAE – Programa Nacional de Alimentação Escolar  
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente  
PNB - Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel  
PDHC - Projeto Dom Hélder Câmara  
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar  
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas  
SECTMA - Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente  
SEPLAN - Secretaria de Planejamento  
SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente  
SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste  
UFPB - Universidade Federal da Paraíba

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 01 – Localização da área de estudo.....	37
Figura 02 – Divisão municipal da Sub-bacia do Alto Paraíba .....	38
Figura 03 – Organograma das atividades .....	47
Figura 04 – Distribuição das terras no mundo e a vulnerabilidade a desertificação do ponto de vista climático.....	61
Figura 05 - Mapa de Ocorrência da Desertificação e áreas de atenção especial no NEB, elaborado pelo Plano Nacional de Combate à Desertificação .....	64
Figura 06 – Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil.....	66
Figura 07 – Cobertura Vegetal da região do Alto Paraíba, em 1989 .....	84
Figura 08 – Cobertura Vegetal da região do Alto Paraíba, em 2004 .....	85
Figura 09 – Índice de propensão à desertificação (1990).....	90
Figura 10 – Níveis de propensão à desertificação (1990) .....	91
Figura 11 – Índice de propensão à desertificação (2000).....	92
Figura 12 – Níveis de propensão à desertificação (2000) .....	93
Figura 13 – Índice de propensão à desertificação (2010) .....	94
Figura 14 – Níveis de propensão à desertificação (2010) .....	95
Figura 15 – Mapa-síntese dos Níveis de Propensão à desertificação (2010) .....	96
Figura 16 – Índice de Ocorrência da desertificação (2000).....	98

Figura 17 – Níveis de Ocorrência da desertificação (2000) .....	99
Figura 18 – Índice de ocorrência da desertificação (2010) .....	100
Figura 19 – Níveis de Ocorrência da desertificação (2010) .....	101
Figura 20 – Mapa-síntese dos Níveis de Ocorrência da desertificação (2000 - 2010) ....	102
Figura 21 – Área preservada em São João do Tigre (2011) .....	105
Figura 22 - Área apresentando degradação grave em São Domingos do Cariri - dezembro de 2011 .....	106

## **LISTA DE GRÁFICO**

Gráfico 01 – Percentual das propriedades com menos de 10 ha. na Sub-bacia do Alto Paraíba .....	76
Gráfico – 02 Quantidade produzida de Algodão no Alto Paraíba (1970-2006).....	78
Gráfico – 03 Quantidade produzida de Agave no Alto Paraíba (1970-2006) .....	62
Gráfico 04 – Evolução dos níveis de propensão à desertificação no Alto Paraíba .....	97
Gráfico 05 – Evolução dos níveis de desertificação no Alto Paraíba.....	103

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 - Correlação clima/grau de aridez adotada pela UNESCO.....	61
Tabela 02 – Municípios das Áreas Susceptíveis a Desertificação no Brasil (ASD) .....	65
Tabela 03 - Indicadores socioeconômicos do Nordeste brasileiro (1970/2010) .....	72
Tabela 04 - Indicadores socioeconômicos da Sub-bacia do Alto Paraíba (1970/2010)...	73
Tabela 05 – Estrutura fundiáriaSub-bacia do Alto Paraíba período 1970-2006.....	75
Tabela 06 – Produção dos principais cultivos na região do Alto Paraíba (toneladas).....	80
Tabela 07 – Utilização das terras na região do Alto Paraíba (hectares) .....	81
Tabela 08 – Evolução da pecuária no Alto Paraíba.....	82
Tabela 09 – Classes da cobertura vegetal no Alto Paraíba (1989-2004).....	86
Tabela 10 – Nível do Sub-índice de Cobertura Vegetal para a propensão e a ocorrência da desertificação no Alto Paraíba.....	87

Tabela 11 – Evolução dos níveis de propensão à desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba.....	97
Tabela 12 – Evolução dos níveis de desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba (1980-2010).....	103

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 01 - Causas da Desertificação.....	26
QUADRO 02 - Conseqüências da Desertificação.....	27

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	15
<b>1. CAPÍTULO I - REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	19
1.1 O fenômeno da desertificação: bases conceituais e escala de análise .....	19
1.2 O Bioma da Caatinga .....	27
1.3 Indicadores de Susceptibilidade e de Ocorrência da Desertificação propostos na literatura brasileira.....	30
1.4 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto nos estudos da desertificação .....	33
<b>2. CAPÍTULO II - METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	37
2.1 - Localização e Caracterização da área de estudo .....	37
2.2 – Bases teóricas e conceituais .....	39
2.2.1 – Método de abordagem.....	39
2.2.2 – Índice de propensão e Índice de desertificação .....	40
2.3 – Aplicação da proposta metodológica .....	44
2.4 - Procedimentos técnicos e operacionais.....	47
<b>3. CAPÍTULO III - POLÍTICAS PÚBLICAS DE COMBATE A SECA E A DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO.....</b>	54
3.1 - Políticas Públicas de Combate à Seca.....	56
3.2 - Políticas Públicas de Combate à Desertificação .....	60
<b>4. CAPÍTULO IV – INDICADORES SOCIECONÔMICOS E AMBIENTAIS NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA .....</b>	71
4.1 – Quadro socioeconômico do Nordeste brasileiro e da sub-bacia do Alto Paraíba.....	71
4.2 - A Estrutura Fundiária.....	74
4.3 - Evolução do Uso do Solo.....	76
<b>5. CAPÍTULO V - A SUSCEPTIBILIDADE E A OCORRÊNCIA DA DESERTIFICAÇÃO NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA.....</b>	90
5.1 – Propensão ou suscetibilidade à desertificação.....	90
5.2 - Ocorrência da desertificação .....	98
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	107
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	110
<b>APÊNDICE A – Recorte do NDVI por município na Sub-bacia do Alto Paraíba (1989, 2004 e 2007).....</b>	118
<b>APÊNDICE B – Indicadores socioeconômico na Sub-bacia do Alto Paraíba (1990 2010) .....</b>	119

## INTRODUÇÃO

Quando o homem ainda era dependente da natureza, segundo Santos (2004) o espaço geográfico não apresentava grandes modificações. Com a tecnificação da sociedade, e mais especificamente a partir da Revolução Industrial, os desequilíbrios ambientais começaram a se acentuar devido ao intenso uso de recursos naturais na produção, gerando diferentes marcas nas paisagens. A evolução desse processo redundou, mais recentemente, no processo de desertificação, que a Organização das Nações Unidas (ONU), define como a “degradação das terras nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (UNITED NATIONS, 2001).

Conforme se observa na definição da ONU, a ocorrência da desertificação é considerada restrita aos ambientes áridos, semiáridos e subúmidos secos, onde a razão entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial está compreendida entre 0,05 e 0,65. A desertificação é um dos maiores problemas na atualidade, destacando-se entre os principais temas ambientais mundialmente considerados. Essa temática tem sido abordada por diversas Convenções Internacionais, tais como a da Biodiversidade, a das Mudanças Climáticas e a da Desertificação propriamente dita.

No Brasil, a Desertificação encontra-se especialmente considerada na “Política Nacional de Controle à Desertificação”, cujas diretrizes destacam, entre seus marcos referenciais, a necessidade do fortalecimento da base de conhecimentos e desenvolvimento de sistemas de informação e monitoramento para as regiões susceptíveis à desertificação e à seca (MMA, 1998). As áreas susceptíveis à desertificação (ASD) estão além do polígono das secas, envolvendo os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo, atingindo um total de 1.482 municípios.

As áreas com mais evidências de que esteja ocorrendo esse processo na Paraíba estão nas regiões dos Cariris Velhos e do Seridó (PB/RN), estudadas desde 1977 pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), com a colaboração do Professor José Vasconcelos Sobrinho.

Apesar de nessa área existir o que é considerado um núcleo de desertificação, são muito poucos os trabalhos aí desenvolvidos que contemplam essa temática. Dentre esses trabalhos se encontram os efetuados por Gomes da Silva (1993); Moura (2002); Silva (2003);

Andrade et al. (2007); Alencar (2008) e Souza (2008). O trabalho de Souza (2008) traz uma importante contribuição aos estudos da desertificação, e os resultados apresentados por ele demonstram que os níveis mais elevados desse processo de degradação da paisagem se encontram mais acentuados no entorno dos principais rios da região (Paraíba e Taperoá), onde as atividades agropecuárias são desenvolvidas de forma mais intensa, demonstrando assim como as ações antrópicas podem intensificar esse processo.

Nesse contexto, optou-se por estudar o processo de desertificação na Sub-bacia Hidrográfica do Alto Paraíba, considerando que é uma das áreas do semiárido paraibano mais propensas ao desencadeamento desse tipo de degradação.

O fenômeno da desertificação pode ser estudado de diversas formas, entre as quais buscando-se identificar a suscetibilidade ou propensão de uma área ao processo. Nessa perspectiva, deve-se buscar usar diversas variáveis que estejam relacionadas com o mesmo. Entre essas variáveis podem ser consideradas as naturais, agrícolas, econômicas, demográficas, sociais, que podem ser combinadas para gerar índices e indicadores fundamentados no conceito interdisciplinar da desertificação, sendo esta a orientação proposta pelas Nações Unidas (LIMA VIANA e VITAL RODRIGUES, 1999).

A construção de tais índices e indicadores pode ser um instrumento para a identificação, planejamento e manejo de áreas que sejam susceptíveis ou que já estejam enfrentando o problema da desertificação.

Ademais, dependendo de que indicadores sejam utilizados, pode ser possível realizar uma análise multitemporal do fenômeno, o que melhora o nível de conhecimento, uma vez que a constatação de que esteja ocorrendo a desertificação muitas vezes não pode ser feita apenas com a observação do estado atual da área que está sendo investigada.

O diagnóstico multitemporal, como alicerce para o estudo da desertificação parte do princípio de que, para compreender a organização social e espacial atual, é preciso, num primeiro momento, destacar as causas e efeitos dos processos de degradação da paisagem ao longo do processo histórico de uso e ocupação do espaço estudado.

Desse modo foi que surgiram alguns questionamentos: O que define uma área em processo de desertificação? O que diferencia uma área com propensão à desertificação de uma área afetada por esse processo? Na Sub-bacia do Alto Paraíba ocorre o processo de desertificação ou apenas a propensão ao desencadeamento deste processo? Como tem evoluído esse processo nessa área nas últimas décadas?

Essas questões são objeto de preocupação quando do olhar sobre a problemática da desertificação no Alto Paraíba. Sendo assim, a necessidade de conhecer com mais profundidade esta realidade justificou essa pesquisa.

Diante do exposto, buscou-se uma base metodológica que permitisse o uso de diversas variáveis e a construção de indicadores em diferentes períodos de tempo, para que fosse possível tentar identificar o processo de desertificação através de uma análise multitemporal. Essa base foi encontrada na proposta de Sampaio et al. (2003), que propõe a análise do processo de desertificação a partir do estabelecimento de índices de susceptibilidade e índices de desertificação, com base na progressão de etapas do processo, tais como a redução na cobertura vegetal, a degradação ambiental, a deterioração da agricultura e o agravamento das condições sociais e econômicas.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho é identificar e espacializar, a partir do uso de indicadores, os níveis de propensão e de ocorrência do processo de desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba, no período compreendido entre as décadas de 1990 e de 2010.

O trabalho teve como objetivos específicos:

- Identificar as relações existentes entre o processo de desertificação/degradação na Sub-bacia do Alto Paraíba e o processo de ocupação desse espaço;
- Apresentar os resultados das ações e políticas de desenvolvimento territorial levadas a efeito pelo Estado e por associações da sociedade civil, que tem como objetivo o enfrentamento da problemática da seca e da desertificação, buscando relacionar a literatura com os resultados obtidos com esta pesquisa.
- Estimar os níveis de susceptibilidade à desertificação através da geração de um índice composto por indicadores relativos às condições ambientais, sociais e econômicas para todo o período estudado;
- Estimar e analisar os níveis de ocorrência da desertificação na área estudada por meio da construção de um índice composto por indicadores relativos às condições ambientais, sociais e econômicas para todo período estudado;

- Classificar e comparar os níveis de ocorrência da desertificação verificados nas diferentes décadas, mostrando onde houve avanço do processo e onde houve um retrocesso do mesmo;

Para alcançar os objetivos propostos o trabalho foi estruturado em cinco capítulos, além da introdução e das considerações finais.

O primeiro capítulo apresenta o embasamento teórico da pesquisa, buscando-se enfocar as bases conceituais e as escalas de análise da desertificação. Em um segundo momento é apresentado o quadro natural onde este processo tem se desenvolvido no nordeste brasileiro, o Bioma caatinga. Posteriormente, buscou-se enfocar o uso de indicadores nos estudos do processo de desertificação, mostrando os indicadores propostos na literatura brasileira.

O segundo capítulo é dedicado à apresentação da metodologia da pesquisa, pautada principalmente no uso de indicadores propostos por Sampaio et al. (2003).

No capítulo três buscou-se analisar os resultados das políticas públicas aplicadas na área, primeiramente com a intenção de combater a seca, e mais recentemente a desertificação. Desse modo, buscou-se enfocar o território como espaço privilegiado de execução de políticas ativas de promoção do desenvolvimento e o papel fundamental do Estado neste contexto, dentro de uma perspectiva territorial de desenvolvimento, e o papel das políticas públicas de combate à seca e à desertificação.

No capítulo quatro procurou-se demonstrar como se deu o processo de desertificação/degradação no Alto Paraíba a partir do momento em que teve início a ocupação daquele espaço pelo colonizador, através das várias atividades econômicas que existiram nesse espaço. Nesse capítulo foram gerados e analisados quantitativamente e qualitativamente, os indicadores que compuseram os índices de propensão e de ocorrência da desertificação. Os dados analisados se referem ao período de 1990 a 2010, com o objetivo de analisar a evolução do processo de desertificação ao longo do tempo.

No capítulo cinco são apresentados os diferentes cenários da propensão e da ocorrência da desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba. Os índices de propensão a desertificação foram construídos para as décadas de 1990, 2000 e 2010, enquanto que os índices de ocorrência da desertificação foram gerados para as décadas de 2000 e 2010. A partir da espacialização dos índices construídos, foi possível classificar os diferentes níveis de propensão e de ocorrência da desertificação (baixo, moderado, alto e grave) em todos os períodos analisados, comparando-se o processo no tempo e no espaço.

## CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 - O fenômeno da desertificação: bases conceituais e escalas de análise

A discussão conceitual e metodológica sobre a desertificação vem evoluindo de forma bastante rápida, desde 1970. Contudo, desde o momento em que teve início essa discussão, o conceito de desertificação tem sido objeto de controvérsia. São divergências que abrangem as causas, as escalas de análise e o próprio termo desertificação. Grande parte da polêmica criada com este termo está fundamentada na compreensão dos conceitos de deserto, seca e desertização. Nesse contexto, faz-se necessária uma breve discussão acerca destas definições, com a finalidade de diferenciá-las.

Os desertos surgem naturalmente em todas as partes do mundo, seguindo um sistema cíclico de expansão e contração que permite que eles ora encontrem-se mais áridos ora menos áridos, ou seja, tendendo à aridez absoluta ou à uma semi-aridez. Supõe-se que este sistema cíclico dos desertos esteja diretamente associado ao sistema de ciclicidade das glaciações, que fazem com que o clima no Planeta Terra oscile entre longos períodos de frio glacial e curtos períodos amenos, mais quentes.

Há diversas definições de deserto, e estas variam de acordo com a vertente da ciência que a estude. José Bueno Conti propôs como critério a média pluviométrica anual. De acordo com sua proposta deserto seria toda a área em que o valor pluviométrico fosse inferior ou igual a 250 milímetros anuais (CONTI, 1995). Desse modo, o deserto apresentaria as seguintes características: solos rasos, drenagem intermitente, regime hídrico rarefeito, além de apresentar elevadas concentrações de sais, cobertura vegetal esparsa, apresentando espécies xerófilas adaptadas ao alto grau de aridez, um clímax ecológico para suportar tais adversidades e o predomínio do regime eólico, potencializado pela rarefação de vegetação.

Em relação à seca, Conti (1995) a caracteriza como uma prolongada falta de chuvas que poderia se estender por dois ou três anos. A seca e a desertificação apresentam-se como fenômenos distintos. A seca é um fenômeno natural, enquanto a desertificação é um processo cumulativo de deterioração nas condições ambientais (SAMPAIO et al, 2003). Matallo Júnior (2001) também apresenta alguns fatores que distinguem esses dois processos:

- A seca é um fenômeno mais antigo e mais visível do que a desertificação;

- As perdas de produtividade e da produção são mais visíveis na seca que na desertificação;
- Desertificação é um processo que ocorre durante lapsos de tempo relativamente grandes (10 anos ou mais), enquanto seca é um evento marcado claramente no tempo;
- Em muitos casos o processo da desertificação não alcança a “condição de deserto”, o que pode dificultar sua visualização.

Entretanto, há uma estreita relação entre processos de desertificação e ocorrência de secas. Nas áreas semiáridas, levando-se em conta o atendimento às necessidades básicas de seus habitantes, registra-se normalmente um desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais (BRASIL, 2004). Este descompasso aumenta nos períodos de estiagem quando a pressão sobre os recursos naturais se torna mais intensa, contribuindo para o avanço das áreas degradadas. Nesse contexto, os efeitos irreversíveis deixados pela seca, a exemplo das seqüelas econômicas e sociais na população afetada, podem ser considerados um agravante do processo de desertificação.

Rochette (1989) considera o processo de desertificação ainda mais complexo que a seca, sendo evolutivo e resultante da ação de vários agentes acarretando a ligação contínua de causa e efeito dos elementos que constituem os ecossistemas. Assim, a desertificação é definida como grave degradação do “capital” ecológico demonstrado na diminuição da quantidade e capacidade produtiva dos recursos naturais exauridos devido às ações antrópicas. Este autor entende a complexidade do processo a partir das ações dos fatores agro-bio-climáticos e ecológicos.

A etimologia da palavra desertificação advém da derivação de duas palavras latinas, conforme especifica Melo (1998):

Etimologicamente, desertificação deriva de duas palavras latinas: a) *desertus*, adjetivo, particípio passado do verbo *deserere* (desertar, deixar, abandonar), significando abandonado, desabitado, inculto, selvagem e, b) *desertus*, substantivo que quer dizer, solidão, desolação, área vazia; e fixação sufixo verbal proveniente da forma passiva do verbo latino *ficare* (ficeri), ação de fazer, ser feito, ser produzido (TAVARES DE MELO, 1998, p. 02).

Atribui-se ao Engenheiro francês Aubreville (1949) o pioneirismo na utilização do termo desertificação para caracterizar aquelas áreas em vias de degradação na África tropical, em virtude do corte abusivo e das queimadas indiscriminadas nas áreas de florestas, com a finalidade de instalação de campos de cultivo e pastos, o que estava deixando essas áreas parecidas com desertos ou semelhante a esses. Entretanto, em princípio, o conceito de Aubreville não foi levado muito em consideração, visto que o mundo acabara de sair da

Segunda Guerra Mundial, e a maior preocupação naquele momento era reconstruir a economia dos países europeus que se encontrava estagnada, ficando em segundo plano as preocupações com as questões ambientais (INSTITUTO DESERT, 1994; CONTI, 1994).

Posteriormente, o avanço das pesquisas referentes a esta problemática ambiental culminou com a elaboração de novos termos referentes a este fenômeno por parte de diversos autores, os quais foram sugerindo novas denominações para desertificação. Não é a intenção apresentar todos os termos, mas apenas alguns que tem sido confundido com o conceito de deserto no meio acadêmico.

Mainguet (1994) propôs alguns outros termos: sahelização, estepização ou sudanização, que viriam a se formar a partir das diferentes perdas do estrato arbóreo dos ecossistemas, além de aridificação ou aridização, um indicador natural mostrando a evolução natural para um clima se tornar mais seco.

Um dos primeiros destes “novos” termos foi sugerido por A. Rapp (1974) e posteriormente adaptado por Le Houérou (1977), “Desertização”. Este termo foi descrito como correspondendo “às extensões de paisagens e formas tipicamente desérticas, de áreas onde isto não ocorria em passado recente”. Foi utilizado por Fernandez (1984) para tratar dos fenômenos sócio-econômicos de crescente abandono de um território, província ou região pela população que o habita, resultando em baixas densidades demográficas (CONTI, 1986. p.16, *apud*; SUETERGARAY, 2000).

Suetergaray (1987) utilizou o termo arenização para tratar do surgimento de enormes areais na região da Campanha Gaúcha - Sudoeste do Rio Grande do Sul, entendido como um processo natural provocado pela conjunção do aumento da pluviosidade e determinadas características geológicas e geomorfológicas, mas que tem sido intensificado pela ocupação e uso do solo de modo insustentável pela sociedade local.

As polêmicas em relação à desertificação perpassam também por outras questões relativas às escalas de análise, bem como os fatores que podem desencadear esse processo. As escalas de análise temporal e espacial variam muito de autor para autor, visto que o processo, tal como está posto, abrange áreas do conhecimento científico que, tradicionalmente, trabalhavam individualmente os seus objetos de estudo.

Durante a Conferência realizada no Quênia em 1977, o conceito elaborado de desertificação apontava como ambientes desertificados aqueles que apresentam uma diminuição ou destruição do potencial biológico da terra, tendo por agente desencadeador do processo a intervenção humana no ambiente. A partir desta conceituação, entende-se que o

processo é irreversível, sendo enquadrado numa escala temporal de tempo presente e na escala espacial engloba as zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas.

Lê Houérou (1977), no mesmo ano, estabelece a mesma escala temporal definida na Conferência do Quênia, mas apresenta um diferencial em relação à escala espacial, quando afirma que a ocorrência do mesmo pode ser tanto nas margens dos desertos quanto em florestas úmidas. Segundo este autor, a desertificação está associada à degradação da vegetação, e sofre a interferência do regime pluviométrico.

Mais adiante Nimer (1988) aponta os critérios antrópico e climático como fatores determinantes pela crescente degradação ambiental. Independentemente da causa atribuída, natural, antrópica, ou ambas simultaneamente, esse fenômeno é entendido como uma crescente degradação ambiental expressa no ressecamento e na perda de capacidade dos solos. Ocorre numa escala de tempo humana e espacialmente nos domínios sub-úmidos e semi-áridos, onde há deficiência pluviométrica e as mudanças do clima macrorregional associadas ao uso inadequado do solo pelo homem resultariam na gradativa transformação de áreas florestais em áreas desertificadas.

Para Conti (1989) o conceito de desertificação está atrelado tanto às questões climáticas, quanto às ecológicas. A variabilidade nos padrões climáticos que levam a uma deficiência hídrica no sistema natural estaria na base das questões climáticas, e podem ser resultantes de fenômenos naturais ou da intervenção humana no ambiente, ou ainda pelas ações de ambos os fatores. Em relação às questões ecológicas, o autor aponta o crescimento demográfico e a pressão sobre os recursos naturais como geradores de condições semelhantes àquelas observadas nos desertos. Nessa perspectiva descreve:

[...] A escassez de organismos vivos, principalmente vegetais, indicaria a incidência do ambiente desértico e o agravamento dessa deficiência, ou seja, o declínio da atividade biológica corresponderia ao avanço do processo de desertificação. (...) a desertificação biológica ocorreria quando os ecossistemas perdessem sua capacidade de regeneração, verificando-se rarefação da fauna e redução da superfície coberta por vegetação, seguida de empobrecimento dos solos e salinização. (...) A ação do homem estaria na origem dessa modalidade de desertificação (CONTI, 1994, p.368).

Segundo Mainguet (1992, p.425), a desertificação ocorre quando a capacidade de carga das terras é ultrapassada, motivada pelas atividades humanas. Ela procede de mecanismos naturais que são acelerados ou induzidos pelo homem, se manifestando através da degradação da vegetação e dos solos. Afirma ainda que provoca no período de uma geração (25-30 anos), uma diminuição ou destruição irreversível do potencial biológico das

terras e de sua capacidade de sustentar suas populações. Esta definição é mais abrangente, pois enfatiza as causas humanas e os parâmetros climáticos, sobretudo a seca, agindo como reveladores dos processos de degradação.

Apesar das várias definições oficiais oriundas de diversos organismos internacionais de combate à desertificação, existem mais de 130 definições cobrindo diversas áreas do conhecimento que tratam do problema.

Em junho de 1992, 15 anos após o encontro de Nairóbi, ocorreu na cidade do Rio de Janeiro (Brasil), a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio92), quando foi definida a Agenda 21, que em seu Capítulo 12 apresenta o conceito de desertificação como sendo a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas (BRASIL, 1993; CONTI, 1994; INSTITUTO DESERT, 1994).

A partir de tais conceitos, percebe-se que a desertificação pode ser compreendida como sendo a degradação provocada pelo desaparecimento irreversível de algumas espécies vegetais e pelo esgotamento definitivo dos corpos d'água superficiais, pelo rebaixamento dos lençóis freáticos e pelo aumento da degradação dos solos em virtude de uma exarcebação dos processos de erosão hídrica e eólica, tudo isso provocado ou potencializado, principalmente pelas atividades humanas.

No Brasil, o conceito de desertificação já havia sido, de certo modo, esboçado por Euclides da Cunha, em 1901, em dois ensaios jornalísticos escritos por ocasião de uma viagem de trem entre o Rio de Janeiro e São Paulo, intitulados: "Fazedores de Desertos" e "Entre Ruínas". Neles são descritas as pilhas de lenha amontoadas ao longo da estrada de ferro, provenientes da Mata Atlântica, e as encostas laceradas por voçorocas, com as rochas expostas nas terras antes ocupadas pelas plantações de café, e que foram abandonadas.

Mas coube ao professor e pesquisador José Vasconcelos Sobrinho (1971) os primeiros estudos sobre essa problemática no Brasil. Inclusive foi ele que chefiou a comitiva brasileira presente na Conferência de Nairóbi em 1977. Além de descrever e explicar o fenômeno da desertificação no semi-árido brasileiro, fez um breve relato dos estudos sobre desertificação no país. Ele cita estudiosos como José Bonifácio, Martius e seu *desertusaustralis*, denominação dada ao aspecto paisagístico da região baiana do sul do São Francisco, Euclides da Cunha em Os Sertões, Thomas Pompeu Sobrinho, Guimarães Duque, Bastos Tigre (estes pesquisadores do DNOCS), Ab'Saber (1977), EdmonNimer, dentre outros.

A produção e a abordagem feita pelo Prof. Vasconcelos Sobrinho é baseada principalmente na metodologia dos indicadores da desertificação, seguindo a orientação geral da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (1977). Em seus trabalhos, o autor discute o que considera ser a vocação pré-desértica do polígono das secas, condicionada por "um equilíbrio ecológico instável decorrente do regime pluviométrico de baixo índice de precipitações e extrema irregularidade, dos solos rasos com limitada capacidade de retenção de água, amplo fotoperiodismo e ventos secos e quentes com forte poder de desidratação".

O autor ainda define os núcleos de desertificação como áreas onde a degradação da cobertura vegetal e do solo alcançou uma condição de irreversibilidade, apresentando-se como pequenos desertos já definitivamente implantados dentro do ecossistema primitivo. Indica como sendo os núcleos já existentes do Nordeste, os seguintes: Gilbués, no Piauí; Inhamuns, no Ceará; Seridó, no Rio Grande do Norte; Cariris Velhos, na Paraíba; Sertão Central de Pernambuco e Sertão do São Francisco, na Bahia.

O primeiro trabalho realizado por um estudioso de Geografia Física no Brasil seguindo uma linha ambientalista, foi publicado em 1977 sob o título “Problemática da Desertificação e da Savanização no Brasil Intertropical”, de autoria de Ab’Saber (apud CONTI, 1986, p.17). Nesse trabalho o autor aborda o termo desertificação sob os pontos de vista pedológico, litológico, biogeográfico e antropológico, comentando sobre a peculiaridade da região nordestina brasileira em confronto com outras regiões semi-áridas do globo. Ab’Saber propõe nove exemplos de modelos locais de aridez conhecidos por “Geótopos”, e que na realidade seriam “nódulos de degradação ambiental de origem antrópica”. São eles:

- **Salões:** planícies aluviais dos baixos vales costeiros com solos salinizados, onde predomina a presença da vegetação rasteira halófila. Ocorrem principalmente nas várzeas do Baixo Mossoró e Baixo Apodi, no Rio Grande do Norte;

- **Altos Pelados:** são as áreas que correspondem aos interflúvios desnudos das colinas rasas, nos quais mais de 80% da cobertura vegetal foi retirada, favorecendo a remoção da camada superficial do solo e o aparecimento de fragmentos de quartzo. Estas ocorrem na região do Alto Jaguaribe, na fronteira do Ceará com a Paraíba e no Vale do rio Vaza Barris (norte da Bahia);

- **Vales e Encostas Secas:** ocorrem em setores localizados de caatingas abertas em vales secos ou encostas de escarpas e/ou serras situadas a sotavento, ocorrem também em áreas de relevos de cuestas, com chão pedregoso e baixo nível de alteração de rochas, e nos

enclaves de caatingas em áreas de cerrados. Localizam-se principalmente na região Centro-sul do Piauí, no Sudeste da escarpa da Ibiapaba e na cuesta do Apodí;

**- Áreas de Topografias Ruiniformes e Cornijas Rochosas Desnudas com Aridez**

**Rochosa Característica:** topografias ruiniformes situadas à frente ou na base de morros testemunhos e escarpas estruturais, com pouca ou nenhuma interferência antrópica. A melhor representação dessas áreas fica por conta de Sete Cidades em Piracuruca no Piauí;

**- Áreas de Revolvimento Anômalo da Estrutura Superficial da Paisagem:**

colinas superficialmente degradadas com a remoção parcial dos solos rasos, por erosão antrópica formando um tipo regional de bad-lands. Aparece nos arredores de Sertânia em Pernambuco;

**- Malhadas ou Chãos Pedregosos:** diferentes tipos de chão pedregosos, oriundos da liberação de fragmentos de quartzo provenientes de cabeços de dique e veios ou da desagregação de antigas cascalheiras. Ocorrem numerosos casos de malhadas na Bahia, Ceará, Pernambuco e Paraíba;

**- Lajedos-Mares de Pedra:** inselbergs e campos de inselbergs, que se caracterizam pela aridez rochosa definida, ressaltada por degradação antrópica do entorno. Ocorrem nos sertões de Paulo Afonso/BA, Milagres/BA, Quixadá/CE, Patos/PB, e Arcoverde/PE;

**- Áreas de Paleodunas Quaternárias:** este geótopo refere-se especificamente ao campo de dunas de Xique-Xique na Bahia. São paleodunas quaternárias facilmente remobilizadas pelas atividades antrópicas;

**- Áreas Degradadas por Raspagem ou Empréstimos de Terra:** faixas de terra degradadas à margem de caminhos e estradas, relacionadas com a raspagem de solos e empréstimo de terra para construção de aterros e barragens.

De acordo com Ab'Saber, os processos de degradação das terras do semi-árido nordestino são decorrentes da estrutura geoecológica, intensificada pela ação antrópica direta ou indireta na maioria das vezes. De um modo geral há consenso de que procedem de processos erosivos dos solos e que a realidade social e ambiental acentuam os prejuízos, com elevado custo humano, social e econômico.

No estudo desenvolvido por Sampaio & Sampaio (2002), as principais causas da desertificação foram divididas em três etapas primordiais que podem desencadear o fenômeno, conforme se constata no Quadro 1.

Quadro 01 - Causas da Desertificação.

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Aridez e semi-aridez	Desmatamento	Erosão
Variabilidade climática	Queimadas	Perda de matéria orgânica
Solos rasos e inférteis	Extrativismo predatório	Redução de fertilidade
Alta relação homem/terra	Superpastoreio	Salinização
Baixo nível tecnológico	Cultivo excessivo do solo	Compactação
Baixa produtividade	Práticas agrícolas inadequadas	Rebaixamento do lençol freático
Baixa renda	Mau uso dos recursos hídricos	Contaminação das águas
Pouco capital disponível	Irrigação inadequada	Poluição
Baixo nível educacional	Mineração predatória	Redução da biodiversidade

**Fonte:** Sampaio & Sampaio (2002).

Conforme demonstra o Quadro 01, a causa da desertificação tem ligação direta com a interferência antrópica sobre a vegetação. A ausência ou a presença de cobertura vegetal podem acentuar ou atenuar os processos de erosão dos solos. Quanto maior a proporção de solo exposto pelo decréscimo da cobertura vegetal, maior a taxa de perda de solo.

Aquino (2002) acrescenta que a erosão do solo tem início a partir da remoção da cobertura vegetal através de desmatamentos, queimadas e superpastoreio. Sampaio & Sampaio (2002) expõem também as consequências da desertificação em cinco etapas, nas quais são envolvidas as esferas em que se deve estudar a desertificação: ambiental, econômico e social, conforme se verifica no Quadro 02.

Quadro 02 - Conseqüências da Desertificação.

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Degradação do solo	Menos terra produtiva Menor produtividade Maior custo da produção	Diminuição das áreas agrícolas Diminuição rebanhos Perda da biodiversidade Redução da atividade agropecuária	Diminuição da renda Diminuição do emprego	Piora da qualidade vida

**Fonte:** Sampaio & Sampaio (2002).

No semiárido brasileiro, onde predominam solos rasos e uma cobertura vegetal esparsa de caatinga hiperxerófila, a perda de solos por erosão é o principal fator que conduz à redução das terras produtivas (Oliveira *et al.*, 2009). Soma-se a isto a prática da devastação de grandes espaços pelas queimadas para a prática da pastagem, que provoca grande desequilíbrio no ecossistema e contribui com o processo de degradação das terras. Com isso o estudo da cobertura vegetal para a compreensão do processo de desertificação é fundamental.

## 1.2 - O Bioma Caatinga

Segundo Ab'Sáber (1974), a América do Sul apresenta três núcleos de regiões semiáridas, separadas geograficamente. No Brasil, essa extensa área comprehende aproximadamente 800.000 Km<sup>2</sup>, equivalendo a 70% da Região Nordeste e consideráveis 10% do território nacional. Além da aridez como característica marcante, esse espaço apresenta como a sua principal característica a presença predominante de uma vegetação denominada de caatinga.

O domínio ecogeográfico da caatinga ocupa uma área de cerca de 750.000 Km<sup>2</sup>, compreendido entre as latitudes sub-equatoriais de 2° 45' e 17° 21' de Latitude Sul e engloba

partes dos territórios pertencentes aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais. Sua área corresponde a 54% da Região Nordeste e a 11% do território brasileiro e constitui o chamado Polígono das Secas.

A origem do termo caatinga vem do tupi-guarani, CAA= mata e TINGA= branca, mata branca, o que caracteriza a paisagem no período de estiagem, quando a vegetação perde as folhas e fica com um aspecto seco e sem vida (ALVES, 2007).

A primeira definição científica da caatinga é de 1840: “*Sylva aestuaphylla*”. Ela destaca os seus traços principais: vegetação arborescente, portanto, lenhosa (*sylva*), e perda total das folhas (*aphylla*) durante a estação seca (*aestu*) (MARTIUS, 1996).

Aubréville (1961) aponta a caatinga como sendo um termo fitogeográfico genérico designando o conjunto de todos os tipos de vegetação que recobrem a região semi-árida do Nordeste brasileiro, caracterizado pela caducidade das folhas durante a estação seca e presença freqüente ou abundante de arbustos espinhos e de grandes cactáceas.

Ao analisarem as diferentes descrições e delimitações da caatinga, Rodal & Sampaio (2002) identificaram as três características comuns nas diferentes delimitações e classificações dadas à caatinga: a vegetação que cobre essa grande área do interior do Nordeste apresenta certa continuidade e está submetida a um clima semiárido, sendo bordejada por um clima mais úmido; as plantas dessa região apresentam adaptação à deficiência hídrica (folhas caducas, herbáceas anuais, suculência, acúleos e/ou espinhos, predominância de arbustos e árvores de pequeno e médio porte, cobertura descontínua das copas); além de considerável número de espécies endêmicas.

Em um estudo realizado em alguns municípios do Alto Paraíba, Barbosa et al. (2007) tiveram como objetivo compreender como é a estrutura da vegetação da caatinga. Nessa análise foram realizados trabalhos em uma área de caatinga com um considerável nível de degradação (no município de São João do Cariri) e em uma área bastante preservada na Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Almas (no município de São José dos Cordeiros). Os resultados desse trabalho demonstram que a flora do Cariri paraibano não é tão pobre como se costuma considerar, pois a sua diversidade se apresentou maior do que em outras áreas de caatinga na Paraíba.

Mais recentemente, em 2010, estudo feito por Santos e Melo no município de Boqueirão, inserido na Sub-bacia do Alto Paraíba, registrou 47 espécies da caatinga distribuídas em 39 gêneros e 20 famílias de Angiospermas. As famílias que se destacaram em

número de espécies foram: Fabaceae, com 12 espécies; Cactaceae, com cinco; Euphorbiaceae e Malvaceae, com quatro e, Convolvulaceae com três espécies cada, enquanto as demais famílias (15) apresentaram uma a duas espécies cada (SANTOS e MELO, 2010).

Atualmente são conhecidas nessa área 932 espécies de plantas (380 endêmicas), 148 espécies de mamíferos (10 endêmicas), 348 espécies de aves (15 espécies e 45 subespécies endêmicas) e entre os répteis e anfíbios 15% são endêmicos (MMA, 2002).

Esses resultados demonstram que a caatinga não é um bioma frágil e pobre como alguns podem pensar, e que os problemas de degradação que existem no mesmo ocorrem devido ao uso intensivo e indiscriminado da cobertura vegetal nesses ambientes ao longo do processo de ocupação e uso do solo.

Na região do Cariri paraibano, onde se localiza a Sub-bacia do Alto Paraíba, observam-se diferentes formações da caatinga, ocorrendo transições entre uma formação de caatinga secundária bem definida, para outra terciária, através de fácies de transição, resultando numa formação bem definida. Em certos casos, porém, a passagem entre as diferentes formações é brusca e seus limites são de fácil observação, como feições que vão de uma caatinga arbustiva aberta à caatinga arbórea fechada (SOUZA, 2008).

Assim, a fisionomia da caatinga está diretamente ligada ao regime de chuvas e aos tipos de solos, podendo apresentar florestas altas e secas com até 15-20 m de altura, a chamada “mata boa”, que corresponde à caatinga arbórea. Já em locais com solos mais pobres e onde há menores índices pluviométricos, a característica é da presença de arbustos, árvores de até 5 m de altura, além dos cactos e bromeliáceas encontrados nos afloramentos rochosos (ALVES, et al, 2008).

Tanto as florestas secas como as caatingas estépicas hiperxerófilas seriam formas da caatinga original. Todos os outros tipos são transições possíveis entre essas duas formações-clímax. A floresta seca e suas diferentes formas possíveis representariam a formação primitiva de onde, por degradação antrópica, se originaram as outras formas de caatinga. Os desmatamentos, o superpastoreio, as queimadas e o extrativismo estariam na origem dessas formações secundárias.

A reconstituição dessas florestas primitivas é muito difícil de ocorrer, por diversas razões: desaparecimento do ambiente micro-climático do sub-bosque, o que permitiria a regeneração das espécies lenhosas arbóreas; destruição dos brotos regenerativos e plântulas pelo gado; extrema lentidão do crescimento das espécies lenhosas; degradação dos solos e das

condições hídricas, em consequência dos desmatamentos e do pisoteio do gado (KOECHLIN, 1980).

Desse modo, a agricultura, a pecuária e o extrativismo vegetal, realizados de forma intensiva, inadequada, e, em muitos casos, de forma predatória; resultam na perda da cobertura vegetal (caatinga); perda gradual e potencial da fertilidade do solo e da produtividade agrícola e na degradação do meio ambiente, causando e intensificando os processos de desertificação.

### **1.3 - Indicadores de susceptibilidade e de ocorrência da Desertificação**

Diferentes métodos são utilizados para a avaliação da desertificação. Esses métodos incluem: o uso de observações diretas e medições; a criação de modelos matemáticos e de equações paramétricas; as estimativas; o sensoriamento remoto; e a constituição de indicadores (Rubio e Bochet, 1999), que podem ser obtidos de diferentes formas, desde o uso do sensoriamento remoto orbital até as medições “in loco” (Souza et alii., 1998).

A definição do que venha a ser um indicador já era indicado por Vasconcelos Sobrinho (1978): "É um dado estatístico que se considera possuir um valor informativo específico;... serve para o diagnóstico e contribuição para execução de programas corretivos;... sua aplicação adota diferentes formas segundo a natureza da área e o problema..." Mas, segundo o mesmo autor, nenhum indicador pode representar a desertificação, por si só.

Segundo ainda Vasconcelos Sobrinho (1978), os indicadores de propensão à desertificação são necessários para se identificar as áreas críticas constituídas por ecossistemas frágeis, onde já se teve o início do processo e devem servir para o diagnóstico e contribuição na execução de programas corretivos. Além disso, possuem as seguintes finalidades:

Avaliar a vulnerabilidade à desertificação;

Prever o começo da desertificação antes que ela se inicie;

Vigiar o processo nas regiões que sofrem a desertificação e naquelas suscetíveis ao problema;

Avaliar os efeitos do processo de desertificação e dos programas para combatê-los.

Rubio e Bochet (1999) destacam que os indicadores da desertificação devem ser essencialmente sintéticos - que simplifiquem a informação, diagnósticos –, que representem o estado atual do meio, e que sejam potencialmente preditivos - que apontem tendências de processos complexos como os da desertificação. Além disso, que possam ter o poder de fácil comunicação ao público e aos tomadores de decisão, assim como potencialmente utilizáveis em Sistemas de Informação Geográfica, com vistas a determinação da extensão espacial e da distribuição geográfica das áreas degradadas e consequente associação entre os agentes causais e os efeitos ambientais (Rubio e Bochet, 1998).

As variações nas listagens de “indicadores da desertificação” encontram-se fundamentalmente definidas em função dos objetivos que norteiam os levantamentos ou estudos, onde destacam-se os enfoques relativos à avaliação de riscos ou susceptibilidade (Rodrigues et alii., 1993), à determinação de impacto ou ocorrência (Rodrigues et alii., 1995; Ferreira et alii., 1996) e à realização do acompanhamento ou monitoramento dos processos de desertificação (Oliveira-Galvão et alii., 1999). Além disso, também encontram-se listas de indicadores que buscam uma uniformização mundial ou nacional da metodologia de avaliação das áreas em processo de desertificação.

O primeiro a tratar de indicadores de desertificação no Brasil foi o professor José Vasconcelos Sobrinho. Baseando-se no trabalho de Reining (1978), ele listou 34 indicadores, divididos em seis categorias: físicos (8 indicadores), biológicos agrícolas (8), uso da terra (6), assentamento das populações (4), biológicos humanos (3) e de processo social (5). Alguns destes indicadores foram explicados, mas outros apenas listados, o que dificulta o entendimento quanto a avaliação do fenômeno, pois não se sabe o que deve ser quantificado ou avaliado. Assim, esses indicadores não foram usados para o cálculo do índice ou medida do grau de intensidade do processo de desertificação (VASCONCELOS SOBRINHO, 2002).

Posteriormente, um grupo de pesquisadores do Piauí, liderado por Valdemar Rodrigues (Rodrigues et al, 1995), publicou um trabalho com uma lista de 19 indicadores, que veio a ter grande repercussão, porque foi adotado pelo Ministério do Meio Ambiente como base para seu mapa da desertificação do Brasil. Os indicadores foram qualificados como presentes ou ausentes, em uma microrregião, e os presentes somados para compor um índice do grau de desertificação. Todos os indicadores foram explicados e, deles, nove eram mais relacionados à produção animal: 1) presença de erosão; 2) perda de fertilidade do solo; 3) pecuarização; 4) presença de bovinos; 5) presença de caprinos; 6) presença de ovinos; 7) área com agricultura; 8) tratores por área; e 9) defensivos agrícolas.

A partir da aplicação dos indicadores às microrregiões das zonas semiárida e subúmida seca do Nordeste, as mesmas foram consideradas como estando nos seguintes estados do processo de desertificação:

- a) Muito Grave, se apresentassem pelo menos 15 dos 19 indicadores;
- b) Grave, se apresentassem entre 11 e 14 indicadores, e,
- c) Moderada, se apresentassem entre 6 e 10 indicadores.

Viana e Rodrigues (1999) propuseram um índice de propensão à desertificação dos municípios cearenses, usando 46 indicadores, divididos em quatro grupos: naturais (7 indicadores), agrícolas e econômicos (25), demográficos (5) e sociais (9). O tratamento matemático dos indicadores foi bastante sofisticado. Todos eles eram variáveis quantificáveis e todas foram divididas pelo respectivo valor estadual, tornando-se relativas, adimensionais e padronizadas. Os dados dos municípios foram submetidos a uma análise fatorial, construindo-se um índice interdisciplinar classificatório.

O uso de indicadores foi revisado por Matallo Junior (2001) e posteriormente por Sampaio et al. (2003), que propuseram o estabelecimento de índices de susceptibilidade e de desertificação com base na progressão das etapas do processo: 1) redução da cobertura vegetal; 2) degradação ambiental; 3) deterioração da agricultura; 4) declínio econômico; e 5) complicações sociais. Para cada etapa foram listados e discutidos indicadores específicos. Outros trabalhos tem usado indicadores, sem esta divisão em etapas, como parte de estimativas da desertificação ou degradação nos municípios do Ceará (Viana & Rodrigues 1999; Rodrigues & Viana 2000) ou do Nordeste (Lemos 2001). Eles usaram os indicadores para um tratamento estatístico mais sofisticado, obtendo um valor índice para cada um dos municípios.

A lista de indicadores e índices de desertificação propostos e utilizados em diversas pesquisas é grande. Carvalho (2001) alerta para o fato dos indicadores serem vistos sob pontos de vista limitados em termos de representação espacial e temporal, e ressalta que para a identificação do processo de desertificação, deve-se fazer uso de indicadores que permitam não só a identificação como também o monitoramento ao longo do tempo, das áreas onde o processo ocorre.

É fato que o estudo da desertificação ainda carece de um sistema que seja eficaz e aplicável a todas as suas necessidades. Porém, os sistemas de indicadores que têm sido utilizados, apesar de ainda carentes em alguns quesitos, “são considerados os únicos

instrumentos disponíveis para a compreensão do problema” (MATALLO, 1999 *apud* PACHÊCO, 2006).

Ressalta-se ainda, além de fatores ambientais que colocam uma área como suscetível ao processo da desertificação, a existência de diversos outros fatores, que atingem também os aspectos econômico e social. Tal fato respalda-se tanto na pobreza quanto na insegurança alimentar, consideradas causas e também consequências da desertificação (PAN-BRASIL, 2004).

No trabalho realizado por Oliveira-Galvão (2001) vários indicadores ambientais foram avaliados para a região do Seridó-RN, a partir da espacialização das informações. Os resultados obtidos permitiram fazer uma associação entre os diferentes níveis de susceptibilidade e as variadas formas de gestão ambiental que deveriam ser usadas nas mesmas.

#### **1.4 – Geoprocessamento nos estudos da desertificação**

Geoprocessamento é conhecido também por “*Geomatic*”, termo que diz respeito a instrumentos e técnicas para a obtenção de dados espaciais, bem como teorias relativas à automação aplicada na obtenção de informações espaciais. Em português existe o termo “geomática”, mas que é compreendido como associado somente à etapa de aquisição e tratamento de dados, e não à análise destes.

Xavier-da-Silva (1992, p.48), ao definir o termo geoprocessamento, o caracteriza como “um ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciada territorialmente (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos, para obtenção e apresentação das transformações desejadas.”

Rocha (2000) *apud* Fitz (2008) define geoprocessamento como:

Uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para a coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados (ROCHA, 2000, p. 210, grifo do autor).

Para Calheiros (2000), o desenvolvimento econômico-tecnológico, responsável pela aceleração de problemas e induzido pela avalanche de dados e informações espaciais,

necessita e permite o uso constante de tecnologias estruturadas em Geoprocessamento. A partir do uso dessas tecnologias, o desenvolvimento adquiriu novo perfil, tornando-se viável a manipulação do grande volume de dados disponíveis, levando a utilização de tecnologias que propiciam a análise integrada e georreferenciada dos fenômenos ambientais.

Na visão de Fitz (2008), o estudo do espaço geográfico e dos aspectos neles inseridos pressupõe uma série de conhecimentos e informações que podem ser trabalhadas de maneira mais ágil, fácil e rápida com as novas tecnologias. Sendo assim, as geotecnologias tendem a ocupar um lugar de destaque em virtude de sua funcionalidade, além de trazerem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

Contudo, no período atual, as redes técnicas de transmissão de dados trouxeram a possibilidade da instantaneidade e simultaneidade do mundo. Com isso, cada vez mais a noção de escala geométrica se distancia da noção de escala geográfica. Enquanto a noção de escala geométrica diz respeito à relação numérica entre distâncias representadas em um mapa e as mesmas distâncias medidas no terreno, a escala geográfica faz referência ao nível de análise das relações geográficas, abrangendo os conceitos de lugar, região e formação sócio-espacial.

Nesse sentido, uma das principais críticas sobre as limitações do Geoprocessamento enquanto representação do espaço geográfico é o fato deste abranger as geometrias, mas não as geografias (CÂMARA, 2001). Mas isso não quer dizer que se deve descartá-lo das análises geográficas e do planejamento territorial. O uso das ferramentas computacionais para Geoprocessamento são fundamentais na realização do trabalho geográfico, contudo, devem ser utilizadas não como um fim e sim como meio.

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, denominadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados provenientes de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados.

De acordo com Fitz (2008), as funções de um SIG são aquisição e edição de dados, gerenciamento do banco de dados, análise geográfica de dados e representação de dados. Estes dados podem ser: temáticos, quando descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica expressa de forma qualitativa; cadastrais, quando cada um de seus elementos é um objeto geográfico que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas; redes, quando cada objeto geográfico deve possuir uma localização geográfica exata e está sempre associado a atributos descritivos presentes no banco de dados; modelos numéricos ou

de terreno, utilizados para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço; e imagens, quando representam formas de captura indireta da informação espacial.

Atualmente existe um grande número de softwares para SIG, porém, eles podem ter diferenças significativas especialmente na maneira de representar e trabalhar com dados geográficos e como evidenciam as suas várias operações. No entanto, existe um grupo desses módulos que é considerado essencial para que um sistema seja considerado realmente um SIG, são eles: sistema automatizado de gerenciamento de banco de dados, elementos de orientação espacial; ferramentas de modelagem; e ferramentas para mapeamento sistemático.

No ano de 1991 foi iniciado pelo INPE a construção de um SIG gratuito e que pudesse ser amplamente utilizado pela comunidade científica para a disseminação da cultura do geoprocessamento no Brasil. Esse SIG foi denominado Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), e foi desenvolvido para usuários das plataformas *Windows / Unix* (Câmara, 1996). Como principais características do projeto *SPRING*, podem ser citadas:

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados sem limitações de escala, projeção e fuso, mantendo a identidade dos objetos geográficos;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais ("raster") e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto num Sistema de Informações Geográficas.
- 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 Espaço-Geográfica baseada em Álgebra);
- Adaptado a complexidade dos problemas ambientais, que requerem uma forte capacidade de integração de dados entre imagens de satélite, mapas temáticos e cadastrais e modelos numéricos de terreno.

O *SPRING* é atualmente além de um software gratuito, também um *software livre* e pode ser copiado através do endereço: <http://www.dpi.inpe.br/SPRING/>. Com esta iniciativa o INPE se tornou recordista de distribuição de cópias de software de Sistemas de Informações Geográficas (40.000 downloadsem 1996), contribuindo para a socialização da geo-informação, com produtos de alta qualidade, com suporte ativo através da internet e sem o alto custo praticado pelas soluções proprietárias na área do geoprocessamento.

O princípio básico do modelo de dados do sistema *SPRING* é o de que dados geográficos podem ser descritos pelo conceito de geo-campo e geo-objeto. Campo geográfico (Geo-campos): correspondem a grandezas distribuídas espacialmente, como tipo de solo, topografia e teor de minerais etc. Objetos geográficos (ou Geo-objetos), por sua vez: individualizáveis e tem identificação com elementos do mundo real, como lotes num cadastro urbano e postes numa rede elétrica (Lucena, 1998).

A entidade banco de dados é o repositório de todos os dados geográficos manipulados pelo *SPRING*. Este repositório por sua vez, é formado por uma ou mais entidades denominadas de projeto; onde o projeto é composto por todos os dados disponíveis no banco de dados para uma determinada região geográfica.

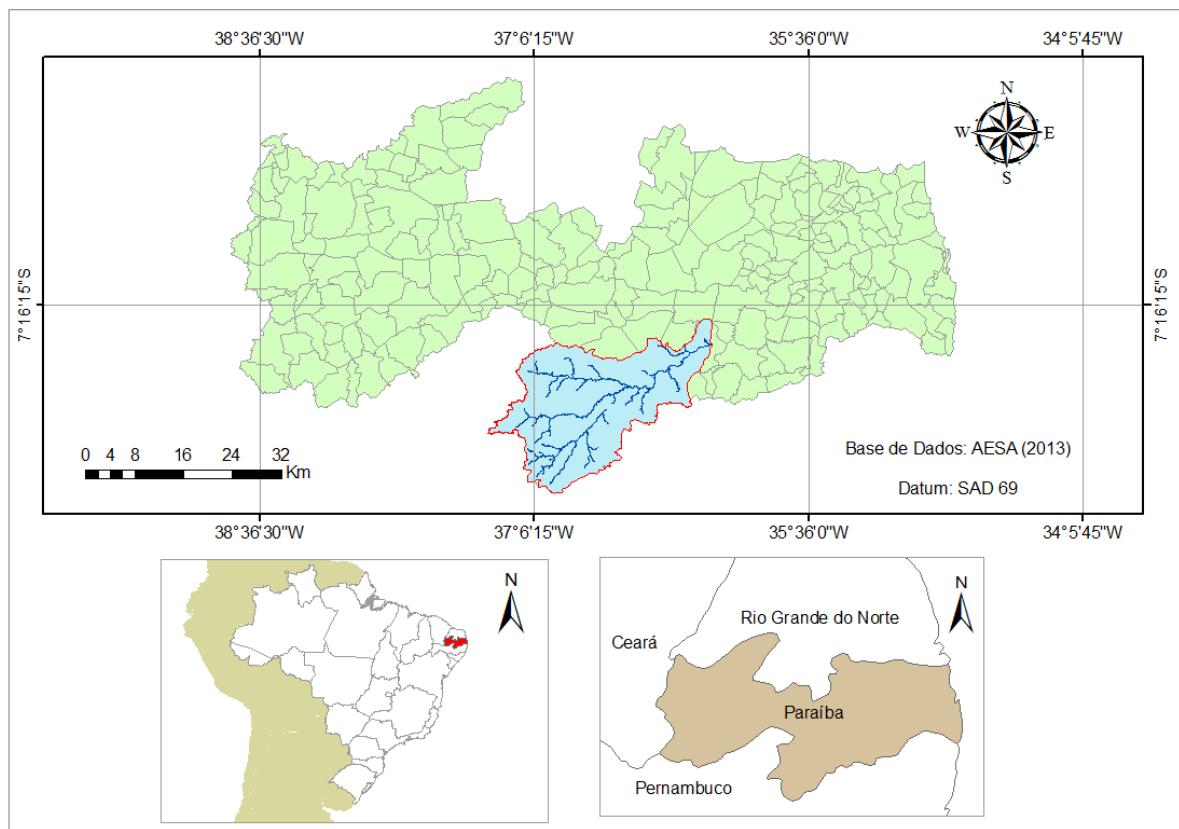
Em um projeto os dados são organizados por categorias. As categorias podem ser de seis tipos diferentes: Imagem, Temático, Numérico, Objeto, Cadastral e Não-Espacial. As entidades geográficas que, podem ser modeladas como geo-campo, são organizadas em categorias dos tipos Imagem, Temático, Numérico. Já as entidades geográficas que podem ser modeladas como geo-objeto são organizadas em categorias dos tipos Objeto, Cadastral e Não-Espacial. (Barbosa, 1998). Tanto as entidades geográficas modeladas como geo-campos como aquelas modeladas como geo-objetos foram utilizadas neste trabalho.

## CAPÍTULO II – METODOLOGIA DA PESQUISA

### 2.1 – 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  $7^{\circ} 20'48''$ e  $8^{\circ} 18'12''$  de Latitude Sul e  $36^{\circ} 7'44''$  e  $37^{\circ}21'22''$  de Longitude Oeste (Figura 01).

Figura 01 – Localização da Sub-bacia do Alto Paraíba.



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

A Sub-bacia do Alto Paraíba está inserida no Cariri paraibano e abrange uma área de 6.717,39 km<sup>2</sup>, 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 (Figura 02).

Figura 02 – Divisão municipal na Sub-bacia do Alto Paraíba.



Fonte: Base de dados da AESA e IBGE (2013).

O Cariri é a microrregião do Estado da Paraíba localizada na franja ocidental do planalto da Borborema, uma área onde o embasamento é predominantemente do cristalino, com ocorrência de inselberges 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.

As chuvas de verão-outono, provenientes do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, diminuem de Monteiro para Cabaceiras, ou seja, de oeste para leste. Em Cabaceiras, a massa Tropical Atlântica é responsável pelas chuvas de junho-julho que são influenciadas pelas diástoles da Frente Polar Atlântica, enquanto as chuvas da ZCIT diminuem de Monteiro para Cabaceiras, ocorrendo uma situação inversa com as chuvas fracas da FPA que decrescem de Cabaceiras para as localidades situadas mais para oeste (GOMES, 1979).

## **2.2 – Bases teóricas e conceituais**

### **2.2.1 – Método de abordagem**

O reconhecimento por parte dos geógrafos, dos desastres ambientais ocorreu durante a intensificação do processo de colonização européia no continente africano, quando foram adotadas práticas agrícolas inerentes ao modelo de produção dos países colonizadores. Posteriormente, geógrafos franceses como Jean Tricart, André Cailleux e George Bertrand, passaram a reconhecer, a partir de uma abordagem sistêmica, as mais variadas degradações decorrentes da continuidade da adoção de modelos de produção agrícola incompatíveis com as dinâmicas da natureza local, geralmente desconhecidas pelos planejadores que desconsideravam o grau de estabilidade, o potencial geoecológico e o limite de resiliência de um ecossistema (TRICART, 1994).

Dentre os trabalhos que utilizou esta abordagem teórica, pode ser citado, Briguenti (2005) o qual adotou a bacia hidrográfica como escala de análise mapeando unidades físico-ambientais integradas na escala da bacia hidrográfica; estas unidades foram tidas como geossistemas, nas quais aplicou-se geoindicadores de Estado-Pressão-Resposta (PER) para demonstrar a influência das atividades urbanas sobre a qualidade ambiental das unidades mapeadas da bacia e formular base de dados para tomada de decisões na gestão do territorial.

Segundo Sotchava (1977) não se deve estudar a natureza isoladamente, sua morfologia, mas as conexões que existem entre os elementos que a compõem, relacionando os aspectos antrópicos do ambiente, as ligações diretas e de “feedback” que aparecem nesse caso. Também o geógrafo Arturo García Romero e Jiménez, destacam que a interação entre os elementos naturais e antrópicos é essencial no entendimento da paisagem. “A dinâmica da

paisagem se define por sua complexidade, pela integração de todas as partes numa única unidade (*sic!*) que existe e age em conjunto.” (ROMERO e JIMÉNEZ, 2002, p.23).

Assim, a abordagem sistêmica por utilizar a análise integrada do complexo físico-geográfico, isto é, a conexão da natureza com a sociedade humana, nos oferece maiores condições de interpretar toda a complexidade que envolve os estudos da sociedade/natureza, entendendo que os geossistemas são fenômenos naturais, no entanto, seu estudo abrange os fatores econômicos e sociais das paisagens modificadas pelo homem ao longo da história. (SOUZA e MARIANO, 2008).

A partir do exposto considera-se a abordagem sistêmica condizente com o objetivo geral deste trabalho, que consiste na análise da desertificação no Alto Paraíba, através da análise integrada dos fatores ambientais, sociais e econômicos ao longo do período compreendido entre a década de 1990 e 2010.

### **2.2.2 - Índice de propensão e Índice de desertificação**

Para o estudo da desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba foram adotados indicadores ambientais e socioeconômicos com base na proposta de Sampaio et al. (2003). A metodologia desenvolvida por esses autores, parte do princípio de que é preciso separar a medida de susceptibilidade da medida de ocorrência da desertificação, isto é, deve-se separar desertificação real de desertificação potencial, onde primeiro é preciso determinar o índice de susceptibilidade e posteriormente o índice de ocorrência do fenômeno.

Considerando que na metodologia são utilizados dados socioeconômicos e a base de obtenção dos mesmos são as unidades político-administrativas, a menor unidade espacial adotada neste trabalho foi o município. Sendo assim, todos os dados obtidos e gerados, mesmo os de natureza física, se referem necessariamente aos municípios.

O índice de susceptibilidade é um índice estável no tempo, podendo ter validade por um longo período e só precisa ser recalculado quando houver evidência de mudança em algum indicador. A desertificação envolve mudança no tempo, com o agravamento nas condições ambientais, agrícolas e/ou sociais. Os indicadores referentes a ambos os aspectos, em muitos casos, são os mesmos, e o que difere os indicadores de propensão para os indicadores de desertificação é o agravamento no tempo.

O índice de propensão ou susceptibilidade à desertificação é composto por cinco sub-índices. Os dois primeiros são um desdobramento da condição ambiental, sendo o primeiro referente à situação da cobertura vegetal e o segundo diz respeito à degradação dos solos. Os dois sub-índices seguintes tratam das condições econômicas, sendo o primeiro referente à produção agropecuária e extrativismo vegetal, e o segundo engloba todos os indicadores econômicos. O último e quinto sub-índice retrata as condições sociais, e nele se inserem todos os indicadores sociais.

Cada sub-índice tem três níveis: fraco, moderado e forte. Assim, o índice de propensão é representado por cinco dígitos referentes a cada sub-índice e cada um deles pode variar de 1 a 3. Os sub-índices de suscetibilidade à desertificação são constituídos da seguinte forma:

O sub-índice de **cobertura vegetal** leva em consideração três níveis: a) alta susceptibilidade, acima de 2/3 da área estudada temporariamente descoberta; b) susceptibilidade moderada, entre 1/3 e 2/3 da área estudada temporariamente descoberta; c) baixa susceptibilidade, abaixo de 1/3 da área estudada temporariamente descoberta.

O sub-índice de suscetibilidade à **degradação ambiental** consiste no levantamento de indicadores para cada forma de degradação do solo e da água. O mapa de solos é o principal indicador para fertilidade, porém este indicador não deve ter peso elevado no sub-índice, ao contrário dos indicadores relativos à erosão, que é um tipo de degradação normalmente irreversível e, portanto, deve ser atribuído um peso bem maior.

O sub-índice de **agricultura** depende, basicamente, de indicadores que são extraídos do censo. Área cultivada, produção total, produtividade por área e valor das principais culturas. Os indicadores da pecuária são número de cabeças dos principais rebanhos, área de pasto plantado e nativo, produção de leite, número de animais abatidos e valor da produção. Considera-se que quanto maior for a área que está sendo considerada a base de obtenção dos dados, os rebanhos, a produção e o número de pessoas ocupadas e ao mesmo tempo menor for a produtividade e o valor da produção, ela será mais suscetível a problemas agrícolas.

Pela metodologia, a estrutura fundiária também pode levar a que uma área seja suscetível ao processo de desertificação. Ou seja, uma grande quantidade de pequenas propriedades com baixa produtividade torna o município mais vulnerável ao processo de desertificação. Para o extrativismo vegetal, o nível do sub-índice é baseado no valor da produção extrativista mais o da produção agrícola, dividido pelo total de pessoas ocupadas nessas atividades. Sendo o resultado obtido inferior ao valor da média regional, o mesmo se

enquadra no nível 2, e se for acima de 50% do valor do extrativismo, o nível passa a ser 3 (SAMPAIO et al, 2003).

O sub-índice **econômico** pode incluir uma vasta gama de indicadores que avaliem a pobreza rural, onde a renda per capita é o indicador mais direto, complementado por outros itens que podem compor a renda, tais como transferências de recursos, pensões e auxílios governamentais e privados. Municípios com renda per capita acima da média regional ou com renda abaixo da média, mas sem atividade agropecuária ou extrativista significativa, tem nível 1 de suscetibilidade. Municípios com renda per capita abaixo da média regional, e com atividade agropecuária ou extrativista significativa, tem nível 2. Municípios com renda per capita abaixo de 70% da média regional e com atividade agropecuária ou extrativista significativa, tem nível 3.

O sub-índice **social** também pode ser composto por indicadores, simples ou compostos. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um dos indicadores compostos, que contempla dados de renda, educação e saúde, sendo esses últimos os que podem tornar o município mais ou menos vulnerável a problemas e podem conduzir a um processo de desertificação. O nível 2 de suscetibilidade nesse caso pode ser atribuído quando o município tiver situação pior que a média regional, desde que a população rural represente no mínimo 40% da população total. Quando, adicionalmente, o município apresentar densidade de população rural acima da média regional, o nível do sub-índice passa a ser 3. Havendo migração populacional elevada, pode ser um indicativo de que os limites de retenção da população foram atingidos, e que, potencialmente, a população que permanece no local tem tendência a super explorar os recursos disponíveis, então isso leva a que o município passe a ter um índice de suscetibilidade com nível 3.

Em relação à avaliação da ocorrência da desertificação, os sub-índices são os mesmos citados anteriormente, contudo não há desdobramento quanto à condição ambiental. A ausência da cobertura vegetal e a degradação ambiental são avaliadas conjuntamente.

O sub-índice de **degradação ambiental** está ligado aos fatores de degradação efetiva do solo e da água. Os indicadores são os mais complexos entre todos os sub-índices de desertificação, e também mais que os de susceptibilidade a desertificação. Sendo assim, Sampaio et al. (2003) propõem como opção admitir indicadores com maior grau de subjetividade e ligá-los de forma mais direta aos indicadores de propensão. O indicador referente ao avanço das áreas sem cobertura vegetal pode ser acoplado a outro indicador de degradação do solo e da água, com exceção da perda de fertilidade, que apesar de ser inferida

da queda da produtividade, é um indicador agrícola, não cabendo ser acoplado neste sub-índice, conforme é o caso da estimativa da propensão a desertificação, onde a fertilidade pode ser acoplada pela classe de solo. O aumento da área descoberta maior que 10% das áreas das propriedades no município, em prazo igual ou menor que 10 anos, leva ao nível 3 de degradação. O nível 2 é atribuído com aumento inferior a este e maior que 2% das áreas das propriedades em 10 anos.

O sub-índice de **agricultura** tem como indicadores medidas da redução da produção e da produtividade da agropecuária. Quanto às variáveis, são as mesmas citadas anteriormente no sub-índice da suscetibilidade à desertificação: área cultivada, produção total, pessoal ocupado, produtividade por área, número de cabeças dos principais rebanhos, produção animal, produção vegetal, produção do extrativismo. Tendências de queda simultânea na produção total, na área cultivada, nas produtividades por área e por pessoa, no valor da produção das principais culturas, no tamanho dos rebanhos, na produtividade e no valor da produção, levam ao nível 3 do sub-índice. Tendências de queda apenas em algumas destas variáveis, mas, necessariamente, com queda na soma dos valores da produção vegetal, animal e extrativista, leva ao nível 2. Não havendo queda nos valores das variáveis, tem-se o nível 1.

Os indicadores do sub-índice **econômico** de desertificação são os mesmos da suscetibilidade à desertificação: renda total municipal, renda per capita, proporção de renda composta por transferências, pensões e auxílios governamentais, distribuição de renda, levando-se em consideração os últimos censos de 1980, 1990, 2000 e 2010. Eles levam ao nível 3 de desertificação quando todos pioram ao longo da série e quando: 1) o sub-índice econômico de propensão à desertificação também for 3, ou seja, os municípios já tinham uma condição abaixo da média regional, uma vez que tinham forte dependência da agropecuária ou de transferências governamentais, e a situação piorou no período que está sendo estudado; ou 2) as rendas total e per capita verificadas em um censo forem inferiores a 70% das mesmas do censo anterior.

Os indicadores do sub-índice **social** de desertificação são os mesmos da suscetibilidade ao fenômeno: IDH, analfabetismo, densidade da população rural acima da média regional, junto com migração acima da média regional. Piora dos indicadores ao longo da série histórica adotada em municípios que já tivessem sub-índice social de suscetibilidade à desertificação com nível 3, leva ao nível 3 do sub-índice de desertificação. Caso o nível do sub-índice de suscetibilidade seja 2, o nível do sub-índice de desertificação também é 2,

exceto se a piora de todos os indicadores for consistente ao longo de todo o período, o que, nesse caso, levaria ao nível 3.

### **2.3 – Aplicação da proposta metodológica**

Os índices de susceptibilidade e de ocorrência da desertificação foram construídos para todos os municípios que estão parcial ou totalmente inseridos na Sub-bacia do Alto Paraíba, primeiro foi estimado a propensão que envolve as características do local, e posteriormente foi estimada a ocorrência do fenômeno que envolve a piora no tempo do sistema agropecuário, das condições ambientais e socioeconômicas.

Na estimativa da propensão a desertificação, após o levantamento dos indicadores da área de estudo, foi feito um levantamento dos mesmos indicadores para a Região Nordeste. O nível atribuído de cada sub-índice que compõe o índice de propensão foi atribuído com base na média regional. Quanto mais indicadores que compõe o sub-índice apresentaram condição pior que a média regional, maior foi o nível de gravidade da condição analisada, por outro lado das cinco condições analisadas (sistema agropecuário, setor social, setor econômico, degradação dos solos e cobertura vegetal), quanto mais condições apresentaram nível forte de deterioração, maior foi o nível de suscetibilidade a desertificação do recorte espacial em análise. Em relação à estimativa da ocorrência da desertificação, o nível de cada sub-índice que compõe o índice foi atribuído com base na piora no tempo dos indicadores, assim, embora os indicadores utilizados sejam os mesmos da avaliação da propensão os resultados se apresentaram de modo diferente.

A suscetibilidade à degradação dos solos foi averiguada com base no risco de erosão, tendo por referência o trabalho desenvolvido por Castro (2011), na Sub-bacia do Alto Paraíba. As áreas onde a propensão a erosão foi considerada nula e ligeira, foi atribuído nível 1, ligeira e moderada, nível 2, moderada e forte, assim como forte e muito forte, nível 3.

O sub-índice agricultura foi gerado a partir da avaliação dos seguintes indicadores: produção em área dos principais cultivos (feijão, milho, algodão e mandioca), percentual das propriedades com menos de 10 ha, pessoal ocupado por área, carga animal, produção animal (ovos e leite) e produção do extrativismo vegetal (carvão vegetal).

Quando a produção dos principais cultivos foi acima da média regional, a carga animal e o número de pessoas ocupadas por área abaixo da média regional, o nível do sub-

índice foi considerado 1. Mas na situação em que a produção dos principais cultivos se encontrava abaixo da média regional, a carga animal e a produção do carvão vegetal se encontravam acima da média regional, bem como o número de pessoas ocupadas por área, o nível foi considerado 3. Na situação em que apenas alguns dos indicadores estivessem nessa condição, o nível foi considerado 2.

O sub-índice social, baseado nos resultados do IDH, foi considerado de nível 2 quando apresentou-se acima da média regional, mas se a taxa de analfabetismo e a densidade demográfica se encontravam acima da média regional, o nível atribuído foi o 3. Entretanto, se houve melhora ao longo do período analisado em todos esses indicadores, o nível foi considerado 1.

O sub-índice econômico baseado na renda per capita média familiar, alcançou o nível 2 quando a renda esteve acima da média regional. Se a mesma foi inferior, atribuiu-se o nível 3. Vale salientar que a população rural economicamente ativa foi considerada no intuito de reforçar esse indicador. Sendo assim, quando ambos os indicadores corresponderam a uma melhoria nas condições econômicas, atribuiu-se o nível 1 ao sub-índice.

A ausência de cobertura vegetal tem um peso muito significativo no sub-índice da degradação ambiental, de tal forma que Sampaio et al. (2003) fazem referência ao valor do índice com base nesse indicador. Se a área descoberta aumentou em 10% ou mais nos últimos 10 anos, o nível é considerado 3, se aumentou entre 2% a 10% é considerado 2, e se diminuiu, o nível é considerado 1. Mas de acordo com os próprios autores, pode haver alteração no valor do sub-índice devido ao possível uso de outras variáveis.

Todavia, para que uma área seja identificada em processo de desertificação o sub-índice de cobertura vegetal deve apresentar pelo menos nível 2, entretanto, a cobertura vegetal por si só, não pode identificar uma área como desertificada, mesmo que este indicador apresente nível 3, mas não haja evidência de degradação em outro indicador ambiental, o processo identificado é de degradação e não desertificação. Assim, o sub-índice de degradação ambiental foi gerado a partir da análise conjunta dos indicadores carga animal, produção do extrativismo vegetal (carvão vegetal), percentual de área desprovida de cobertura vegetal, e propensão a degradação dos solos. Neste caso, o sub-índice de degradação ambiental recebeu nível 1, quando apenas a cobertura vegetal apresentou nível 2 ou 3 no sub-índice, ou quando outros indicadores apresentaram nível 2 ou 3, mas a cobertura vegetal apresentou nível 1 no sub-índice da condição ambiental.

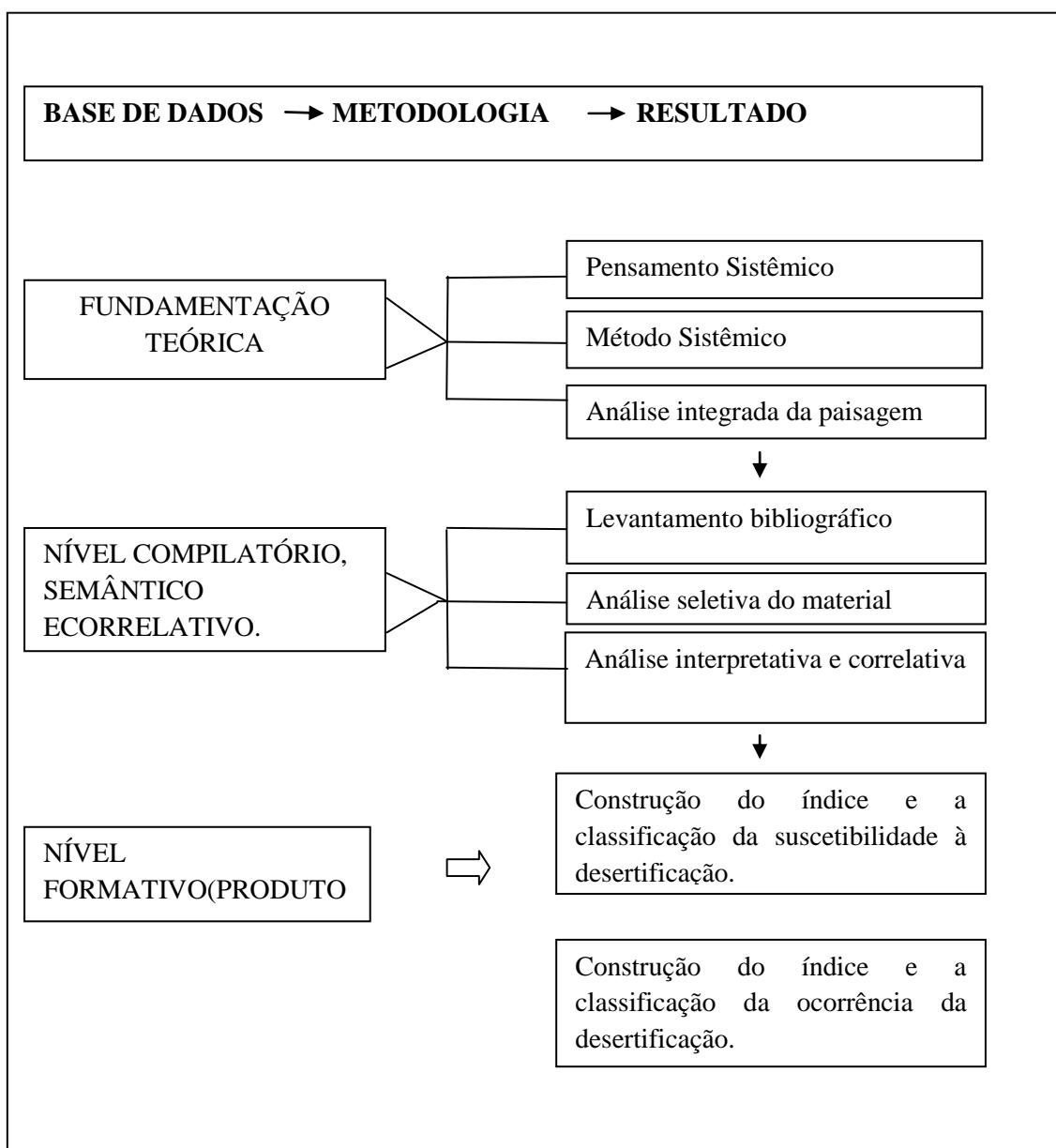
Sobre a avaliação da ocorrência da desertificação, de acordo com a metodologia proposta por Sampaio et al. (2003), uma área só pode ser considerada em desertificação se apresentar, no mínimo, nível 2 ou 3 no sub-índice ambiental, e nível 2 ou 3 em pelo menos mais um sub-índice. Porém, se apenas o sub-índice ambiental apresentar nível 2 ou 3, o processo instalado é de degradação e não de desertificação.

Desse modo, quando o sub-índice de degradação ambiental apresentou nível 1, o processo de desertificação foi considerado ausente. Quando o sub-índice de degradação ambiental apresentou nível 2 de degradação, com forte declínio no setor agropecuário (nível 3), foi atribuído nível 3 (alto) de desertificação; quando o sub-índice de degradação ambiental e o sistema agropecuário apresentaram nível 3 respectivamente, com repercussão negativa no social ou no econômico foi atribuído nível grave de desertificação.

## 2.4 - Procedimentos técnicos e operacionais

Quanto aos procedimentos operacionais utilizados no trabalho, optou-se por seguir os passos propostos por Libault (1971), citado por Ross (2003), que consistem em quatro fases ou níveis: o Nível Compilatório, Nível Correlatório, Nível Semântico e Nível Formativo (figura 03).

Figura 03 – Organograma das atividades.



Fonte: Modificado de Mascarenhas, 2006.

O Nível Compilatório é o momento da obtenção dos dados de qualquer natureza que contribua com a pesquisa; o segundo nível, denominado Nível Correlativo, constitui a segunda fase da pesquisa, onde é feita a correlação dos dados, consiste na análise do material disponibilizado de forma seletiva; a terceira fase, nível semântico, é a análise interpretativa, com estabelecimento de generalizações associadas às primeiras fases já descritas, podendo estabelecer parâmetros de aplicação, e a última fase é a do Nível Formativo, que é o resultado ou produto, transformado em modelos representados graficamente e cartograficamente.

Desse modo o desenvolvimento da presente pesquisa consistiu na execução das seguintes etapas:

### **1<sup>a</sup> Etapa – Nível compilatório – Levantamento bibliográfico e pesquisa de campo**

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre os temas usados na pesquisa, e uma coleta de dados junto a instituições públicas, como: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), e Portal Transparência do governo federal.

Os sub-índices relativos à condição econômica e social foram gerados com dados obtidos nos censos agropecuário e demográfico. Os dados dos programas sociais de transferência de renda foram obtidos no Portal Transparência do governo federal e os do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH foram obtidos do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD.

Do censo agropecuário de 1970, 1980, 1985, 1995/1996 e 2006, foram extraídos dados referentes aos seguintes indicadores: estrutura fundiária, extrativismo vegetal, produção animal, produção vegetal e carga animal, e percentual de área desprovida de cobertura vegetal (áreas de plantio e pastagens). Quanto aos demais indicadores econômicos e sociais, estes foram obtidos dos censos demográficos de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010. Foram levantados dados relativos às seguintes variáveis: renda per capita, renda familiar, PIB total, densidade demográfica e taxa de analfabetismo.

A maior dificuldade encontrada na realização deste trabalho esteve centrada na tentativa de encontrar imagens de satélites em períodos adequados, que permitisse a análise multitemporal da propensão e da ocorrência da desertificação. A meta foi fazer uma análise que tivesse início na década de 1970, mas as imagens disponíveis até a década de 1980 são de

baixa qualidade o que poderia comprometer fortemente os resultado. A segunda opção foi utilizar dados das áreas ocupadas por cultivos e pastagens para classificar as áreas desprovidas de cobertura vegetal. Verificou-se que a divergência de dados entre o censo agropecuário e as imagens de satélites é grande; enquanto no censo agropecuário consta-se um reduzido percentual de área desprovida de cobertura vegetal nas duas últimas décadas analisadas (2000 e 2010), as imagens do TM-Landsat- 5 mostraram que houve um aumento dessas áreas na sub-bacia, correspondendo melhor ao que diz a literatura.

A partir destas considerações, para a análise da condição da cobertura vegetal optou-se por utilizar imagens de satélites de diferentes datas da área que abrange a Sub-bacia do Alto Paraíba. As mesmas foram obtidas através do sítio do INPE. Foram selecionadas as imagens do sensor TM-LANDSAT 5, referentes às seguintes datas: 02-08-1989, 10-07 -2004 e 19-07-2007, 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, 10-07 - 2004 e 19-07-2007, referentes à órbita 215, ponto 066, todas próximas do período chuvoso.

A imagem de 2007 apresentou uma grande quantidade de nuvens na área da sub-bacia, que compreende os municípios de Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, São Domingos do Cariri e São João do Cariri, por isso foi selecionada a imagem do Landsat5 de 22 de abril de 2010 para esta área, é uma imagem que também apresenta nuvens na parte central da sub-bacia, pois, trata-se de um período chuvoso na região. Mesmo sendo uma imagem obtida no período chuvoso o nível de degradação da caatinga apresentou-se muito alto.

Com intuito de melhor compreender os aspectos físicos da área de estudo foram feitos quatro trabalhos de campo. 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 e São João do Cariri e Serra Branca.

## **2<sup>a</sup> Etapa – Nível correlatório – Tratamento dos dados e estruturação do banco de dados**

Foi empregado neste estudo o software Spring, versão 5.1.8. Para a construção do sub-índice de cobertura vegetal, 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.

Após a seleção das bandas espectrais foi gerada uma composição colorida R5G4B3, tendo em vista que este tipo de composição proporciona uma boa caracterização e diferenciação dos usos e coberturas da terra e facilita também a análise visual sobre a imagem para a extração de informações.

Posteriormente, foi feita a classificação a partir do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico (LEGAL) disponível no Spring. O cálculo do NDVI foi executado a partir da conversão dos dados brutos (números digitais) encontrados nas imagens, em valores físicos (radiância e reflectância). Para a classificação, 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-árborea 0.8 a 1.0 foi classificado como vegetação arbóreo-arbustiva.

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

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

Onde:

*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 ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$ ).

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):

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

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

Onde:

$d_r$  \_ Inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol em unidades astronômicas;  
 $z$  \_ Ângulo solar zenital (graus) no momento da aquisição;  $E$  \_ Irradiância solar média no topo da atmosfera ( $\text{mW/cm}^2 \cdot \mu\text{m}$ );  $L$  Radiância espectral monocromática ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$ ),  $r$  \_ Reflectância monocromática.

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

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

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:

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

Onde:

$IVP$  r \_ Valor da reflectância na faixa do Infravermelho próximo;  $V$  r \_ Valor da reflectância na faixa do Vermelho do Visível.

Concluída esta etapa foi feito o recorte do plano de informação para cada município que compõe a região estudada. Foram contabilizadas todas as classes mapeadas, considerando como as áreas desprovidas de cobertura vegetal, as classificadas como caatinga rala e solo exposto. Verificou-se o percentual de aumento das áreas consideradas desnudas em relação à

área do município no caso do estudo da suscetibilidade a desertificação, e a evolução do processo em relação à década anterior no caso do estudo da desertificação propriamente dita. O dado obtido foi inserido no sub-índice cobertura vegetal.

A tabela com os dados sociais, econômicos e ambientais elaborada no Microsoft Excel foi convertida para o formato dbf e posteriormente para dxf e foi exportada para o SPRING como modelo não-espacial, à qual foi associada a uma tabela do tipo objeto do modelo Cadastral, onde foram gerados os mapas dos sub-índices e da classificação da suscetibilidade e da ocorrência da desertificação. Os dados foram agrupados pelo modo valor único e posteriormente foi gerado um plano de informação para cada um deles no modelo Temático, onde foram criadas as classes temáticas referentes aos sub-índices e a classificação da susceptibilidade e da ocorrência da desertificação.

### **3<sup>a</sup> Etapa – Nível Semântico – Interpretação dos dados**

Nessa etapa foram desenvolvidas as atividades que consistiram na interpretação das imagens orbitais e a seleção dos dados coletados de acordo com os objetivos almejados.

No caso da desertificação, foi considerada ausente quando o sub-índice de degradação ambiental apresentou nível 1. Quando o sub-índice de degradação ambiental apresentou nível 2 de degradação, com forte declínio no setor agropecuário (nível 3), foi atribuído nível 3 (alto) de desertificação; quando o sub-índice de degradação ambiental e o sistema agropecuário apresentaram nível 3 respectivamente, com repercussão negativa no social ou no econômico foi atribuído nível grave de desertificação.

### **4<sup>a</sup> Etapa – Nível formativo – Resultados**

Nessa etapa foram apresentados e discutidos os resultados da pesquisa a partir da construção dos indicadores de susceptibilidade e de ocorrência da desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba, com as posteriores considerações acerca dos resultados obtidos.

Primeiro foi estimada a suscetibilidade a desertificação com base na espacialização dos índices referentes às condições agropecuárias, sociais, econômicas e ambientais. Após o levantamento dos indicadores o valor de cada um foi dividido pela área total municipal. O mesmo procedimento foi feito em nível regional. Os mesmos indicadores obtidos para a Sub-

bacia do Alto Paraíba foram obtidos para a região Nordeste, e dividido pela área regional, uma vez que a média regional foi tomada como parâmetro para estimar o nível de cada sub-índice que compõe o índice de suscetibilidade à desertificação. A partir da espacialização dos índices, classificou-se a suscetibilidade à desertificação em três níveis: moderado, alto e grave.

Após a estimativa da suscetibilidade à desertificação, foi analisada a ocorrência do fenômeno. Contudo, para estimar o nível de cada sub-índice que compõe o índice, a referência para a avaliação foram às alterações no tempo dos indicadores analisados. A partir da espacialização dos índices, foi classificada a ocorrência da desertificação em quatro níveis: baixo, moderado, alto e grave, ou foi considerada como ausente onde não o mesmo não foi registrado.

### **CAPÍTULO III – POLÍTICAS PÚBLICAS DE COMBATE À SECA E À DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO**

Apesar de ser um fenômeno antigo, tendo sido relatado desde 1583 pelo padre jesuíta Fernão Cardin (Alves, 1984); a seca começou a ser pauta de discussões a partir do aumento populacional na região no século XVIII, quando seus efeitos passaram a gerar sérios problemas econômicos e sociais. Nesse contexto, a população rural, que depende diretamente do setor primário, são as mais afetadas; a sobrevivência de grande parte desse contingente populacional tem dependido das políticas públicas, do recurso à emigração para outras regiões ou para as áreas urbanas do próprio Nordeste, conforme foi discutido no capítulo 3 deste trabalho que aborda uma breve descrição do quadro social da região.

Por políticas públicas entende-se as ações empreendidas pelo Estado para efetivar os preceitos constitucionais sobre as necessidades de uma determinada sociedade no que diz respeito à distribuição e redistribuição das riquezas, dos bens e serviços sociais no âmbito federal, estadual e municipal. Sua construção deve obedecer a um conjunto de prioridades, princípios, objetivos, normas e diretrizes.

Contudo, analisando as ações do Estado no enfrentamento da problemática da seca, observa-se que, ao longo do tempo, não houve a preocupação com o estabelecimento de uma infra-estrutura de suporte às atividades agropastoris e à convivência com o semi-árido brasileiro, as ações sempre estiveram voltadas para combater a seca, mas como combater um fenômeno natural? A maneira como foram e são desenvolvidas tais ações acabam por gerar outros problemas de ordem ambiental e, por conseguinte socioeconômico na região conforme veremos adiante.

Mas, seria interessante para quem solucionar o problema da falta de água no Nordeste? Sabe-se que historicamente no território brasileiro, as políticas públicas hegemonizadas pelos agentes que detém o poder sempre estiveram voltadas para atender seus próprios interesses, levando à exclusão social aqueles que realmente precisam ser atendidos por estas ações, todavia, as regras do jogo são e sempre foram determinadas pela elite, aqueles que detêm o poder. Sobre o poder. Raffestin (1993) ressalta que este pode ser exercido por pessoas ou grupos, sem o qual não se define o território. Poder e território, apesar da autonomia de cada um, vão ser enfocados conjuntamente para a consolidação do conceito de território. Assim, o poder é relacional, pois está intrínseco em todas as relações sociais.

Raffestin (1993) também destaca o caráter político do território, bem como a sua compreensão sobre o conceito de espaço geográfico, pois o entende como substrato, um palco, pré-existente ao território.

Nas palavras deste autor:

É essencial compreender bem que o espaço é anterior ao território. O território se forma a partir do espaço, é o resultado de uma ação conduzida por um ator sintagmático (ator que realiza um programa) em qualquer nível. Ao se apropriar de um espaço, concreta ou abstratamente [...] o ator “territorializa” o espaço. (RAFFESTIN, 1993, p. 143).

Baseado nessa concepção enfatizada pelo autor, o território é tratado principalmente com uma ênfase político-administrativa, isto é, como território nacional, espaço físico onde se localiza uma nação, um espaço onde se delimita uma ordem jurídica e política, um espaço medido e marcado pela projeção do trabalho humano com suas linhas, limites e fronteiras. Poderíamos apresentar e discutir inúmeros conceitos de território, mas no momento a intenção foi apenas fazer uma ponte entre a discussão das políticas públicas, poder e território para uma melhor compreensão geográfica da questão posta.

A finalidade deste capítulo é compreender os rebatimentos das políticas públicas de combate a seca e a desertificação na configuração territorial da região, enfocando o território como espaço privilegiado de execução de políticas ativas de promoção do desenvolvimento e o papel fundamental do Estado neste contexto, dentro de uma perspectiva territorial de desenvolvimento regional.

Para uma melhor compreensão das ações empreendidas no combate a seca e a desertificação, o capítulo foi dividido em dois sub-capítulos, onde primeiramente é abordada a questão da seca e posteriormente as ações de combate a desertificação, que é mais recente no cenário regional. Cabe frisar que, a desertificação, diferentemente das secas não é um fenômeno natural, naturalmente as condições edafoclimáticas influem na resposta do ecossistema às intervenções humanas, mas na primeira instância a desertificação é causada pelas ações antrópicas no ambiente pautada em bases insustentáveis, onde as consequências são agravadas nos períodos de longas estiagens.

O semiárido nordestino teve ao longo da história várias dimensões e diferentes denominações: Legalmente, a primeira delimitação foi estabelecida no ano de 1936, denominando a área como Polígono das Secas; posteriormente, surgiram outras

denominações: Região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) e também de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Juridicamente, a região semiárida é decorrente de uma norma da Constituição Brasileira de 1988, que através do seu Artigo 159, instituiu o Fundo Constitucional do Nordeste (FNE). Este apresenta como preceito básico a aplicação de 50% dos recursos desse fundo nessa área. Porém, foi com a Lei 7.827, de 27 de setembro de 1989, presente na Constituição Federal, que se define a região semiárida e a insere na área de atuação da SUDENE.

A partir da edição da Portaria Interministerial N° 6, de 29 de março de 2004, assinada pelos Ministérios da Integração Nacional e do Meio Ambiente, o semiárido passou por nova delimitação, a qual deve servir como parâmetro para a adoção de políticas de apoio ao desenvolvimento da região. Para a nova delimitação do semiárido brasileiro, tomou-se por base três critérios técnicos: a) Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; b) Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; c) Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2007). Esses critérios foram aplicados a todos os municípios que pertencem à área de atuação da SUDENE, inclusive os municípios do norte de Minas Gerais e oeste do Espírito Santo.

Atualmente, o semiárido abriga uma população de 45,5 milhões, equivalente a 29% do total nacional e abrange 1.113 municípios com uma área de 969.589 Km<sup>2</sup>, correspondendo a quase 90% da região Nordeste (BRASIL, 2007), abrangendo os seguintes estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia e ainda a porção setentrional de Minas Gerais.

### **3.1 - Políticas Públicas de Combate à Seca**

Soluções científicas para combater os problemas causados pela seca no semiárido brasileiro começaram a ser esboçadas após a Independência do Brasil, a partir de 1838, quando foi criado o Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro (IHGB). Por meio deste Órgão foi elaborado em 1859, o primeiro trabalho de reconhecimento do norte do Nordeste, o chefe da missão que elaborou o trabalho, o Barão de Capanema, propôs pela primeira vez a criação

de um sistema que viabilizasse transportar águas do Rio São Francisco para o Rio Jaguaribe no Ceará; propôs ainda, a construção de 30 açudes na região.

Após 18 anos, entre 1877 e 1879, uma grande seca ocorreu no nordeste brasileiro, na qual estima-se que, os feitos causados pelo flagelo resultou em cerca de 500 mil mortes, somente no estado do Ceará foi registrado a perda de 200 mil vidas, levando o Império a adotar ações de combate ao fenômeno, como a implantação de sistemas de irrigação e construções de açudes e barragens (GUERRA, 1981).

A construção do primeiro açude, no entanto, só se deu em 1884 sendo concluída em 1906. No período republicano, a seca passou a ser tratada como uma questão de governo e procurou se analisar em bases ainda mais científicas. Portanto seria necessário implantar programas específicos para tratar a questão, isto é, fazia-se necessário implantar políticas públicas de combate ao flagelo/fenômeno da seca. Desse modo, em 1906, foi criada a Inspetoria de obras Contra as Secas (IOCS), no governo de Nilo Peçanha, quando foram construídos 16 açudes.

O IOCS surgiu na ocasião da “Era de Ouro” da Primeira República, momento em que o Brasil experimentava altas taxas de crescimento e vultosas obras de infraestrutura como portos e ferrovias estavam em curso no país. Contudo, a prosperidade do período, não alcançou o IOCS uma vez que, a execução orçamentária estava muito aquém do previsto o que tornou ainda mais severos os efeitos da seca de 1915, novamente arrasadora para a região (VILLA, 2000).

A partir de 1918, quando Epitácio Pessoa ascende na presidência da República, a problemática da seca passou a ser vista com uma maior atenção. As soluções propostas, no entanto seguiam o mesmo curso das ações desenvolvidas anteriormente, ou seja, construir reservatórios para acumular água no período chuvoso visando suprir a carência hídrica nos momentos de estiagens. Assim, em 1918, último ano da gestão Venceslau Brás, aplicou-se em obras contra as secas 2.326 contos de réis. Quatro anos depois, o montante saltou para 145.947 contos de réis (VILLA, 2000).

A política para a região, portanto, era a de construir imensos reservatórios artificiais de água. Contudo, essa política suscitou dois fortes opositores, de um lado os oligarcas locais, temiam a modernização do sertão e a erradicação da miséria que constituía seu principal meio para perpetuação do poder político. Por outro lado, havia os cafeicultores paulistas e a defesa intransigente de seus interesses contrariados com a aplicação de recursos no Nordeste (VILLA, 2000).

No governo Getúlio Vargas (1930-1945) foi dado continuidade a construção de açudes como meio para combater as secas e houve a intensificação da construção de rodovias cortando a região, dentre as quais se encontrava a Transnordestina, posteriormente incorporada à BR 116, também sob o encargo do IFOCS (NEVES, 2001). Nesse período a atuação do Ministro da Viação e Obras Públicas José Américo foi de vital importância na tentativa de combater os efeitos da seca no semi-árido brasileiro. O ministro continuou as obras planejadas e iniciadas por Epitácio Pessoa, ainda em 1932 criou a Comissão Técnica de Reflorestamento e Postos Agrícolas no Nordeste e a Comissão Técnica da Piscicultura.

No final de 1932, achavam-se em construção os açudes públicos Joaquim Távora, Lima Campos, Choro, Inharé, Lucréia e Itans, no rio Grande do Norte; Santa Luzia, Riacho dos Cavalos, Pilões, Soledade, Condado (atual Engo. Ávido), na Paraíba; Quebra Unhas, Cachoeira, Pedra D'água, em Pernambuco; Monteiro, Macaúbas e Itabera, na Bahia, 34 açudes particulares, canais de irrigação de Lima Campos no Ceará (CARNEIRO, 2004).

Em 1937, porém, houve uma redução dos recursos e consequentemente do número de funcionários (GUERRA, 1981). Em 1945, o então Instituto Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) mudou de nome novamente, tornando-se finalmente Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Celso Furtado demonstra bem como o DNOCS estava a serviço da elite e ainda esclarece onde eram construídos os açudes (nas terras dos latifundiários) logo, percebe-se para quem estava direcionada estas ações de combate a seca e entende-se a famosa indústria da seca, conforme esclarece o autor:

As máquinas e equipamentos do DNOCS eram utilizados por fazendeiros ao seu bel-prazer. Nas terras irrigadas com água dos açudes construídos e mantidos pelo governo federal, produzia-se para o mercado do litoral úmido, e em benefício de alguns fazendeiros que pagavam salários de fome... Em síntese, a seca era um grande mercado para muita gente (FURTADO, 1997, p, 86).

Outro momento de suma importância na execução de políticas públicas para o Semiárido ocorreu com a criação do GTDN (Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste), durante o governo de Juscelino Kubitschek. Esse grupo surgiu com o objetivo de discutir, debater e apresentar, em no máximo dois anos, um diagnóstico completo, bem como um conjunto de propostas para o desenvolvimento do Nordeste. Convém destacar que, a criação do GTDN foi fruto de diversos conflitos, bem como de pressões por parte da sociedade civil organizada, com destaque para a pressão realizada pela a Confederação

Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), que no ano de 1956 realizou a 1ª Conferência dos Bispos do Nordeste, sendo o tema central das discussões, a busca de soluções para o desenvolvimento e integração do Nordeste (COSTA, 2002).

A partir dos debates e do documento final do GTDN, em 1959 foi criada a SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), chamando para si a função de elaborar as políticas de desenvolvimento a serem implantadas em todo o Nordeste. Em 2001, durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, ela foi extinta mediante denúncias de desvio de recursos e fraudes em sua gestão, em sua substituição foi criada a ADENE (Agência de Desenvolvimento do Nordeste). A SUDENE só foi reaberta anos depois no Governo de Luis Inácio Lula da Silva, em janeiro de 2007 foi sancionada a lei nº 125/07 com o intuito de dificultar a prática de irregularidades.

A criação da SUDENE fundamentou-se num novo paradigma, no qual as políticas de combate à seca centralizavam-se na solução dos problemas do semiárido nordestino. Assim, a criação da SUDENE passou a não ser bem vista por setores conservadores da região. Fazendeiros pecuaristas, oligarcas tradicionais e coronéis, temiam o desvio dos recursos obtidos com a desculpa das secas. Mas, sobretudo, resistiam à nova visão política e autônoma proposta pela SUDENE e, mais ainda, a figura do seu diretor Celso Furtado, visto por muitos setores como um comunista. Desse modo houve uma forte pressão para que Celso Furtado não assumisse a SUDENE, como o próprio relata:

Obtive apoio parcial no Nordeste. Mas o grupo contra mim era tão forte que eles conseguiram que Juscelino – segundo ele mesmo me contou depois – se comprometesse a não me nomear superintendente. Seria aprovada a lei, ele sancionaria, mas não se conservaria esse cavalheiro, porque ele está criando problema para todo mundo. Basicamente quem fez isso foi o pessoal da Paraíba, meu estado, e o pessoal do açúcar, de Pernambuco. Juscelino, com aquele risinho dele, concordou – para inglês ver. Quando a lei foi aprovada, ele me nomeou superintendente. Foi um choque para muita gente e, ao mesmo tempo, um alívio muito grande. Eu imaginava que iria embora, já tinha deixado a SUDENE. (FURTADO, 1998, p. 67-68).

Contudo, o Golpe Militar de 1964, pôs fim às esperanças de um desenvolvimento equilibrado para o Nordeste brasileiro, o qual voltou a ser alvo das ações militares, onde o foco voltou-se para a industrialização, beneficiando toda a faixa litorânea do Nordeste com uma melhor infraestrutura. O DNOCS volta-se para os projetos de irrigação que tinha por finalidade aproveitar o potencial hídrico acumulado nos inúmeros e açudes construídos ao longo dos anos.

Desse modo, a industrialização no Nordeste, incentivada pela SUDENE, não modificou substancialmente o quadro do nível de emprego na Região nem a especialização regional quanto às atividades produtivas. Apesar das alterações ocorridas no Nordeste, a partir dos anos 60, o setor industrial não foi capaz de absorver o potencial da população ativa urbana que pressionava o mercado de trabalho.

Em 1980, do contingente economicamente ativo total no Nordeste, a maior parcela (49,1%) estava engajada no setor primário, o que evidencia sua prevalência na absorção da força de trabalho da Região, apesar das modificações ocorridas.

### **3.2 – Políticas Públicas de Combate à Desertificação**

A problemática da desertificação passou a ser alvo de discussões envolvendo representantes de vários setores da sociedade civil a partir da década de 1970, após a grande seca que ocorreu entre 1968 e 1973 na região do Sahel (África); os impactos econômicos e sociais fizeram com que uma série de estudiosos das zonas secas africanas buscassem entender as razões dessa catástrofe.

O temor de que o cenário que se observava na África se expandisse para as demais regiões que apresentavam características climáticas semelhante à africana, fez com que; o Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente (PNUMA), em 1977, realizasse em Nairóbi (Quênia) a “1ª Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação” com o objetivo de estabelecer uma ação conjunta a nível mundial para combater a expansão desse processo, o Plano de Ação de Combate à Desertificação (PACD) recebeu a adesão voluntária de diversos países, inclusive do Brasil.

Esta Conferência teve um papel fundamental em todo o processo de luta contra a desertificação no mundo e, dentre eles pode-se citar: (i) a consolidação do tema em nível mundial permitiu que muitos países atentassem para seus problemas ambientais; (ii) a introdução das regiões com climas áridos e semi-áridos no cenário das discussões, mostrando que os recorrentes problemas de pobreza e meio ambiente necessitavam de um enfrentamento direto pela comunidade internacional; (iii) criação do Plano de Ação Mundial contra a Desertificação.

Durante o evento foi estabelecido de acordo com o método de Thornthwaite (1948), o grau de Aridez entre 0,21 e 0,65 para a aplicação do PACD. Com relação ao grau de aridez Bioclimática dependem muito da importância relativa dos aportes de água pelas chuvas (P) e

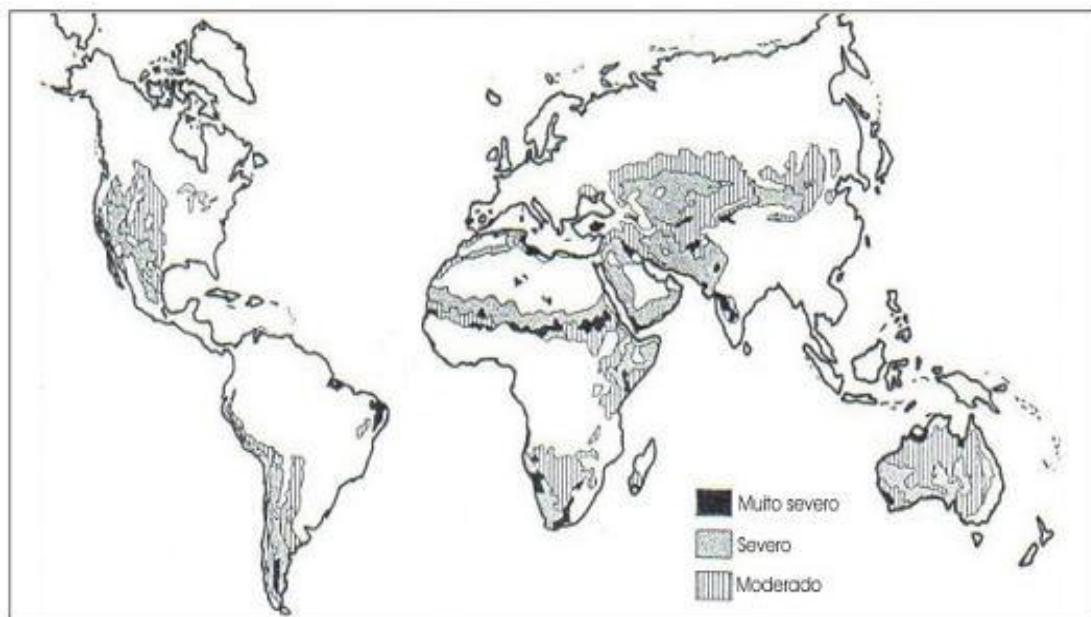
das perdas por evaporação e transpiração (Etp): quanto mais as precipitações são fracas e a evaporação é elevada, maior é o índice de aridez. Os valores da relação P/Etp, em que P representa a altura média das precipitações anuais e Etp, a evapotranspiração potencial média anual, foi utilizada para a delimitação das regiões áridas e semi-áridas. Essa relação exprime melhor o nível de aridez, pois fornece o mesmo valor para todos os climas nos quais a proporção das perdas de água potenciais com relação às chuvas é a mesma. Quanto menor for o valor da relação, maior é a aridez.

Tabela 1 - Correlação clima/grau de aridez adotada pela UNESCO.

CATEGORIAS CLIMÁTICAS	ÍNDICE DE ARIDEZ	SUSCEPTIBILIDADE Á DESERTIFICAÇÃO
Clima hiperárido	P/ETP<0,05	Grave
Clima árido	0,05<P/ETP<0,20	Muito alta
Clima semi-árido	0,21<P/ETP<0,50	Alta
Clima sub-úmido seco	0,51<P/ETP<0,65	Moderada
Clima sub-úmido e úmido	P/ETP > 0,65	Baixa

Fonte: UNESCO (1977).

Figura 4 – Distribuição das terras no mundo e a vulnerabilidade a desertificação do ponto de vista climático.



Fonte: Mainguet (1995).

A despeito desses fatos, os resultados concretos, em termos da aplicação de recursos e reversão dos processos de degradação, foram bastante modestos. Isto foi constatado em 1991, quando o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), fez uma avaliação das ações empreendidas no âmbito do Plano de Ação Mundial, constatando o fraco desempenho do mencionado plano.

Com estes resultados, vários países com problemas de desertificação, especialmente na África, decidiram propor a elaboração de uma Convenção sobre o assunto durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92). A Convenção é um instrumento jurídico mais forte, pois obriga os países que o assinam a assumir uma série de compromissos, ao contrário de uma Conferência, onde a adesão é voluntária.

Tomando como base os propósitos firmados pela Agenda 21, em 1993 foram iniciadas as discussões relativas à preparação da Convenção Internacional de Combate à Desertificação (CCD). Porém, no decorrer dos processos de discussão, evidenciaram-se, a nível nacional, as necessidades prementes de promover a sensibilização da população frente ao tema em debate e fornecer subsídios aos tomadores de decisão, que participariam dos processos de negociação na Convenção (MMA, 1998).

Nesse sentido, realizou-se a Conferência Nacional da Desertificação – CONSLAD, realizada em Fortaleza – Brasil, cujos propósitos destacaram o fomento à geração de novos conhecimentos, a reunião de pesquisadores afetos ao tema e o fornecimento de bases informacionais à elaboração de uma Política Nacional.

Realizada em 1994, dentre os produtos da CONSLAD destacam-se os mapeamentos de “Ocorrência da Desertificação no Nordeste do Brasil” (FERREIRA et al., 1996) e do “Zoneamento das Áreas em Processo de Degradação Ambiental no Trópico Semi-árido Brasileiro” (SÁ et al., 1996), este também apresentado por Riché et al. (1994) para o Projeto Áridas, com o título de “Zoneamento das Áreas em Processo de Degradação Ambiental no Trópico Semi-árido do Brasil”.

Assim a Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação, particularmente na África – CCD foi organizada durante o ano de 1993 e concluída em 17 de junho de 1994, a mesma entrou em vigor desde 26 de dezembro de 1996 (três meses após o quinquagésimo (50º) instrumento de adesão/ ratificação ser depositado).

Para Sales (2002) o texto da Convenção traz uma série de explicações sobre os critérios adotados para caracterizar a desertificação. Elas são importantes porque a definição foi gerada nos meios diplomáticos que formularam o texto da Convenção e difere do sentido mais imediato que a palavra remete, isto é, a formação de deserto e que tem sido o sentido mais divulgado pela mídia no Brasil, contrariando o conhecimento científico de que é pouco provável a formação de deserto no país.

O Brasil tornou-se parte da CCD em 25 de junho de 1997 e, em março de 2002, mais de 179 países já faziam parte da Convenção, como signatários na luta contra essa transformação em deserto, e contra a seca, nos países emergentes. Hoje, a principal obrigação desses países Partes é elaborar um Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN).

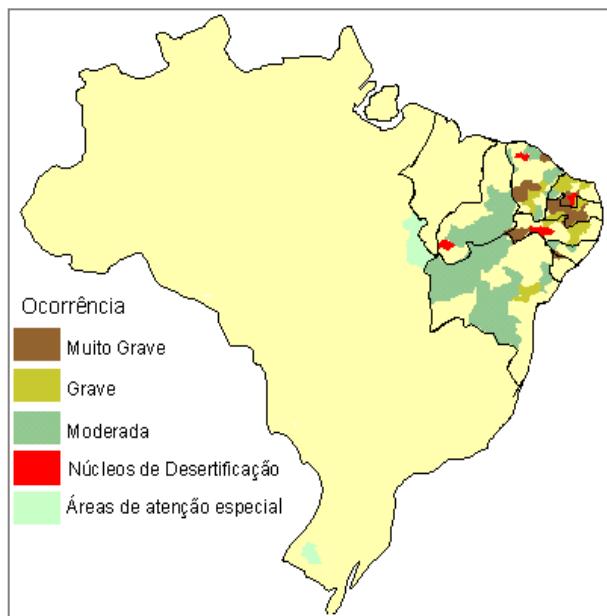
Os países que apresentavam terras secas em seu território e, portanto propensas à desertificação, se comprometeram a criar seus próprios planos de combate ao fenômeno. No caso do Brasil, à elaboração e apresentação de um documento dessa natureza ocorreu em 2004, intitulado Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação PAN-Brasil. A partir desse documento, o país definiu um conjunto de ações para o combate e enfrentamento dessa questão ambiental.

As políticas de combate à desertificação propostas no PAN-Brasil, estão divididas em quatro eixos temáticos: Redução da Pobreza e das Desigualdades; Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva; Preservação, Conservação e Manejo Sustentável dos Recursos Naturais; Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional.

Quanto à área de abrangência do PAN-Brasil, esta vai além das áreas onde a ocorrência do processo se faz presente englobando também as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD). Em ocasião da elaboração desse documento, o Instituto Desert/UFPI/SUDENE (figura 04) apresentou as áreas de ocorrência desse processo no Nordeste brasileiro do nível muito alto a moderado, além dos núcleos de desertificação: Cabrobó/PE; Gilbués/PI; Irauçuba/CE e Seridó/RN/PB.

Quanto às Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) está inserida praticamente toda a região nordestina e o N-NE do Estado de Minas Gerais, sendo esta a região de domínio do Polígono das Secas, delimitada e definida pela SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste). Foram definidos 3 grupos de risco, segundo os diferentes níveis de aridez: a) muito alto; b) alto; e c) moderado (INSTITUTO DESERT, 2001).

Figura 05 - Mapa de Ocorrência da Desertificação e áreas de atenção especial no NEB, elaborado pelo Plano Nacional de Combate à Desertificação.



Fonte: Instituto Desert, 1994.

Assim, as ações prioritárias do programa estão concentradas nas zonas de clima semiárido e subúmido seco da região Nordeste, nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Também está inserido o norte de Minas Gerais, por apresentar características climáticas e de uso do solo semelhantes às encontradas no restante da área considerada susceptível à desertificação. Mesmo com a concentração do programa nessas áreas, logo se adicionou outras partes do território localizado nas suas proximidades, sob a alegação de que essas áreas apresentam um quadro de degradação semelhante à área central de ação do programa.

Segundo o PAN-Brasil, tais áreas são denominadas de Áreas de Entorno das Áreas Semiáridas e das Áreas Subúmidas Secas, o que inclui o noroeste do Espírito Santo, oeste da Bahia e uma pequena faixa do seu litoral norte, além das fronteiras litorâneas de Sergipe e Alagoas, Maranhão e Piauí. Com a inclusão dessas novas áreas, temos assim uma área de 1.338.076 Km<sup>2</sup> e 1.482 municípios (BRASIL, 2004).

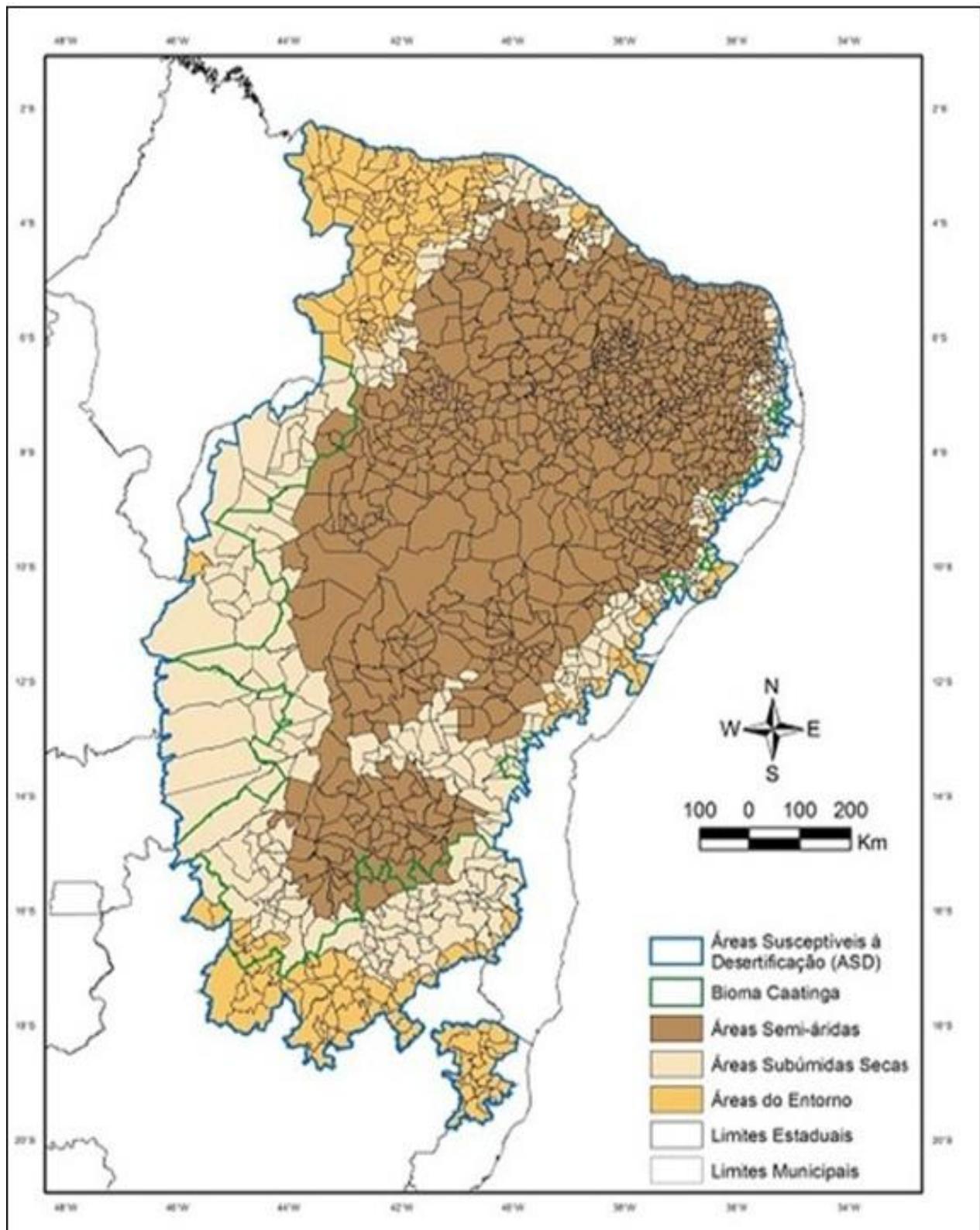
Os critérios de inclusão dos municípios inseridos nas áreas susceptíveis à desertificação (tabela 02 e figura 06) se baseiam nas seguintes proposições: terem sido atingidos por secas; receberem assistência emergencial por parte da SUDENE; estarem contidos no Bioma Caatinga.

Tabela 02 – Municípios das Áreas Susceptíveis a Desertificação no Brasil (ASD).

<b>ESTADO</b>	<b>Número de Municípios das Áreas Susceptíveis a Desertificação (ASD)</b>			
	<b>Áreas Semiáridas</b>	<b>Áreas Subúmidas Secas</b>	<b>Áreas do Entorno</b>	<b>Total das ASD</b>
<b>Maranhão</b>	-	01	26	25
<b>Ceará</b>	105	41	38	184
<b>Piauí</b>	96	48	71	25
<b>Paraíba</b>	150	47	11	208
<b>Rio Grande do Norte</b>	143	12	03	158
<b>Alagoas</b>	33	12	07	53
<b>Pernambuco</b>	90	39	06	135
<b>Bahia</b>	159	107	23	289
<b>Sergipe</b>	06	28	14	48
<b>Espírito Santo</b>	-	-	23	23
<b>Minas Gerais</b>	22	61	59	142
<b>Total</b>	<b>804</b>	<b>397</b>	<b>281</b>	<b>1.482</b>

Fonte: Brasil (2004).

Figura 06 – Áreas Susceptíveis a Desertificação no Brasil (ASD).



Fonte: Brasil (2004).

As áreas susceptíveis à desertificação também passaram por novas delimitações, que suscitou muitos interesses políticos uma vez que, o escopo do PAN-Brasil sugeria a criação de um fundo governamental com recursos, os quais devem ser aplicados em obras e serviços de mitigação dos efeitos da desertificação. Contudo, os gestores estaduais e municipais deveriam agir, conjuntamente, na elaboração de um plano de combate e mitigação dos efeitos da desertificação.

Como produto resultante diretamente do PAN-BRASIL, temos na esfera federal o Seminário “Construção do Programa de Formação Continuada a Distância para Educação Contextualizada nas Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD)”, realizado em 2006, na cidade de Campina Grande (PB). O seu objetivo foi nivelar os conhecimentos sobre Educação Contextualizada nas ASD e delinear as bases para a criação de um Programa de Formação Continuada a Distância.

Outro trabalho de suma importância foi a publicação do “Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil”, publicado no ano de 2007, apresentando-se em forma de diversos mapas, acompanhados de textos interpretativos, o perfil ambiental, produtivo e demográfico das áreas onde é possível ocorrer esse tipo de degradação no território brasileiro.

Sobre as ações e iniciativas federais relacionadas à questão da desertificação e da seca em vigor na Paraíba destacamos os seguintes Programas: O Programa Fome Zero, Programa Água Doce – PAD, Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNB, Projeto Dom Helder Câmara – PDHC, Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, Proágua Semiárido, Seguro Safra/Garantia Safra, Programa Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semiárido – CONVIVER e Territórios da Cidadania, neste último estão inseridos 12 municípios situados na região do Alto Paraíba: Amparo, Camalaú, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê.

O Programa Fome Zero foi criado no ano de 2002 pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome – MDS, com o objetivo de assegurar o direito à alimentação adequada às pessoas com dificuldades financeiras. O programa abrange todo o território nacional, priorizando especialmente as seguintes áreas: municípios do semiárido nordestino e vale do Jequitinhonha (MG), população que vive dos/nos lixões, acampamentos e assentamentos rurais, quilombolas e aldeias indígenas em situação de risco nutricional. Este

Programa envolve dois eixos de ações, o primeiro é o de Acesso aos Alimentos e o segundo é o Fortalecimento da Agricultura Familiar.

O eixo de Acesso aos Alimentos engloba os Programas relacionados à transferência de renda, alimentação, nutrição e acesso à informação e educação, tais como o Programa Bolsa Família, Alimentação Escolar – PNAE, Construção de cisternas, Distribuição de vitamina A (Vitamina A+), Distribuição de ferro (Saúde de Ferro). O eixo Fortalecimento da Agricultura Familiar busca o desenvolvimento de ações específicas na agricultura familiar promovendo a geração de renda no setor rural e o aumento da produção de alimentos de subsistência através do desenvolvimento dos seguintes programas: Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF, Seguro da Agricultura Familiar e Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar – PAA.

Na esfera estadual destacamos as ações promovidas pelos seguintes programas: Programa de Combate à Pobreza Rural – PCPR (Projeto Cooperar), Diagnóstico Florestal do Estado da Paraíba, Zoneamento Ecológico-Econômico da Microrregião do Cariri Ocidental e Oriental, I Encontro Estadual sobre o Combate à Desertificação e o Plano Estratégico de Desenvolvimento da Paraíba – PARAÍBA 2020.

O Programa de Combate à Pobreza Rural – PCPR foi criado no ano de 1997 pela Secretaria de Planejamento – SEPLAN, com o objetivo de definir, formular e coordenar o planejamento, a execução e o controle das ações direcionadas a provisionar a infraestrutura social e econômica básica das comunidades mais pobres da zona rural, no intuito de combater a pobreza e as suas consequências. Através das ações e iniciativas deste programas; entre os anos de 1998 a 2006 foram implantados 2.964 projetos de infraestrutura, destacando-se os de eletrificação rural, sistemas de abastecimento de água e dessalinizadores, e 255 projetos sociais relacionados à melhoria social, apoio à Agricultura Familiar, creches comunitárias, apoio à Educação e Cultura, centros de atividades múltiplas e lavanderias comunitárias (SOARES, 2008);

Através das ações empreendidas pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA foi feito em 2004, a atualização do Diagnóstico Florestal do Estado da Paraíba. Em 2005, foi elaborado o Zoneamento Ecológico-Econômico: Microrregião do Cariri Ocidental e Oriental. Neste mesmo ano a Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA promoveu o I Encontro Estadual sobre o Combate à Desertificação objetivando subsidiar a elaboração da Política Estadual de Controle da Desertificação através de propostas de pesquisadores, técnicos, representantes da sociedade

civil organizada e políticos. Posteriormente, em 2008, a Secretaria do Planejamento – SEPLAN, criou o Plano Estratégico de Desenvolvimento da Paraíba – PARAÍBA 2020 com a meta de organizar o governo e os atores sociais em torno de prioridades estratégicas relacionadas às questões econômicas, sociais e ambientais até o ano 2020.

Merece destaque também a atuação das ONGs Organizações Não-Governamentais – ONGs cujas ações também estão relacionadas, a questão da seca e da desertificação. Na Paraíba, a exemplo, temos a atuação da AS-PTA (Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa) cujo objetivo é fortalecer e executar projetos de desenvolvimento rural na região do agreste – PB. Esta ONG atua com base nos princípios da sustentabilidade socioambiental por meio da agroecologia e se encontra organizada em diferentes áreas temáticas: recursos hídricos, sementes, criação animal, saúde e alimentação, cultivos ecológicos e comercialização.

No que diz respeito às ações empreendidas para o enfrentamento direto da problemática da desertificação no estado da Paraíba; a Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA criou no ano 2000 a 1ª reunião estadual para a elaboração da Política Estadual de Controle da Desertificação, a mesma foi realizada na cidade de Bananeiras, a segunda reunião aconteceu em 2001 na cidade de Monteiro. Destas reuniões obteve-se a identificação preliminar dos problemas causadores ou agravantes da desertificação, bem como a identificação das áreas na Paraíba suscetível ao processo.

A partir de então foi elaborado as áreas temáticas para subsidiar a Política Estadual de Controle da Desertificação: Alternativas Sustentáveis; Aptidão Agrícola; Áreas Degradadas; Comissões/Comitês/Fóruns; Conservação do Solo; Créditos; Educação; Indicadores; Legislação; Meios de Comunicação; Meteorologia; Pesquisa; Políticas Públicas; Recursos Hídricos; Recursos Humanos; Revegetação/Reflorestamento/Sistemas Agroflorestais; Saber Popular; Sistema de Informação e Difusão; Sociedade Civil; Unidades de Conservação/RPPNs.

Ainda como resultado destas reuniões, obteve-se também a elaboração dos documentos “Termo de Referência para a Elaboração do Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Secas. PAE – PARAIBA”, sob a responsabilidade do professor Marx Prestes Barbosa e colaboração de Daniel Duarte Pereira, e “Desertificação no Estado da Paraíba: uma visão panorâmica”, de Marx Prestes Barbosa, ambos publicados em 2005. Essas consultorias técnicas atenderam a chamada da Fundação Grupo Esquel Brasil

em parceria com os governos federal, estadual, municipal e sociedade civil paraibana no intuito de dar prosseguimento à formulação do PAE – PARAÍBA.

O relatório Preliminar do PAE/PB foi publicado pela Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba - AESA em setembro de 2011 trazendo um panorama da suscetibilidade a desertificação nas microrregiões do estado da Paraíba. De acordo com o referido documento dos 223 municípios existentes na Paraíba, 208 estão susceptíveis a esse tipo de degradação, o que equivale a 90 % do estado. Nessas áreas encontra-se um elevado grau de aridez, manejo inadequado do solo e os Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) não são considerados altos o que torna a população residente nestes municípios vulneráveis aos efeitos sociais e econômicos decorrentes da desertificação (PAE/PB, 2011).

No capítulo seguinte, buscou-se enfocar a situação das condições ambientais, sociais e econômicas da região do nordeste brasileiro e na área de abrangência da sub-bacia estudada. Esse enfoque se faz necessário uma vez que, a análise da propensão e da ocorrência da desertificação no Alto Paraíba busca verificar o nível de gravidade da suscetibilidade e da ocorrência do fenômeno por meio de um índice composto pelas condições citadas. A discussão sobre políticas públicas para a região também estão ligadas ao capítulo IV, pois, ao falar de condição agropecuária, ambiental, social e econômica, é imprescindível fazer um contraponto com as ações governamentais desenvolvidas na área ligada a estas questões.

## CAPÍTULO IV – INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NA SUB-CIA DO ALTO PARAÍBA

### 4.1 - Quadro Socioeconômico do Nordeste brasileiro e da Sub-bacia do Alto Paraíba

Em 1980, o Nordeste brasileiro contava com um contingente populacional de 34,8 milhões de pessoas, correspondendo a 29% da população total do país, cujo efetivo demográfico era de 119,1 milhões de habitantes. No período de 1970/1980, essa região experimentou um aumento de 6,7 milhões de pessoas, o equivalente a um acréscimo de 24%, inferior ao que foi registrado na década de 1960/1970 (27%). Desse modo, a taxa real de crescimento da população (2,18% a.a.), no período de 1970/1980, sofreu um arrefecimento em relação ao período de 1960/70 (2,40% a. a.) (SUDENE, 1985). Essa desaceleração tem sido atribuída à emigração, sobretudo, conjugada ao descenso dos níveis de fecundidade nos anos setenta.

Quanto à emigração, historicamente a Região Nordeste é caracterizada como a que tem intensos movimentos migratórios de expulsão inter-regional e deslocamentos intra-regionais. De acordo com dados da SUDENE (1985), o contingente de naturais que emigraram do Nordeste alcançou 7,8 milhões de pessoas até 1980, o que corresponde a 19,3% da população natural da região. Enquanto que as taxas de emigração foram crescentes nas décadas de 1960, 1970 e 1980, as taxas de imigração oscilaram, correspondendo a 6,6% no ano de 1980. Assim o saldo migratório negativo na região passou de 3,5 milhões de pessoas em 1970, para 5,5 milhões em 1980. Esses deslocamentos variam bastante no tempo. Considerando o período de 1950 a 1980, o período de 1950/60 foi o mais intenso, possivelmente devido às grandes secas de 1953 e 1958 que afetaram o Nordeste, mas também em função do surto industrial do Sudeste.

Em 1980 o Nordeste brasileiro contava com aproximadamente 11,5 milhões de pessoas, constituindo a população economicamente ativa, o que representava 26,2% do contingente ativo do Brasil, que era de cerca de 43,8 milhões de pessoas. O efetivo demográfico masculino correspondia a cerca de 8,4 milhões de pessoas, o equivalente a 71,9% da População Economicamente ativa-PEA total do Nordeste.

A taxa bruta de atividade no Nordeste foi estimada em 32,9%, enquanto a do Brasil foi estimada em 36,8%. A menor taxa registrada no Nordeste pode ser explicada em função do processo emigratório associado às altas taxas de natalidade. Em parte, essa taxa indica a

dependência da população inativa em relação à população ativa, entretanto, ela está afetada pela estrutura etária das pessoas com menos de 10 anos de idade. Nesse sentido, foi calculada a taxa refinada de atividade para o Brasil e suas respectivas regiões. O Nordeste registrou a taxa mais baixa, com 43,8%, possivelmente em função da emigração (SUDENE, 1985).

Os dados das tabelas 3 e 4 demonstram que, entre as décadas de 1980/1990 o crescimento da renda per capita familiar foi baixo, no Nordeste e na região do Alto Paraíba. Isso pode estar relacionado com o fato do Brasil ter apresentado neste período um baixo dinamismo econômico, com taxas de crescimento inferior à média das economias emergentes e dos países latino-americanos. (SALANA, 1997). Os altos índices de desemprego associados ao crescimento da taxa de pobreza, acabaram por incorporar novos processos de exclusão social. Com isso, veio a necessidade de redimensionar a política social, buscando se adequar às possibilidades oferecidas pela ordem econômica neoliberal (SILVA, 2007).

Tabela 03–Indicadores Socioeconômicos do Nordeste brasileiro (1970/2010).

<b>Indicadores sociais e econômicos do Nordeste brasileiro (1970/2010)</b>					
<b>Indicador</b>	1970	1980	1990	2000	2010
IDH	0,306	0,460	0,517	0,610	0,659
Pessoas não-naturais do município	5.508.228	9.200.265	11.449.653	3.252.095	3.710.243
Pessoas não alfabetizadas	14.010.542	16.407.166	16.172.430	12.347.699	9.681.832
População Total	28.675.110	35.419.156	42.470.225	47.693.253	53.081.950
População Rural	16.694.173	17.459.516	16.716.870	14.763.935	14.260.704
% da população rural	58,2	49,3	39,4	31,0	26,9
Pop. Rural economicamente ativa	5.139.212	5.594.421	5.482.646	5.587.925	5.571.244
Renda familiar per capita média	0.31	0.69	0.65	-----	-----
Valor (R\$) do rendimento nominal médio mensal domiciliar	-----	-----	-----	694,75	1707,51

Fonte: Censos Demográficos e Econômicos, 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010

Tabela 04 – Indicadores Socioeconômicos da Sub-bacia do Alto Paraíba (1970/2010).

<b>Indicadores sociais e econômicos da Sub-bacia do Alto Paraíba (1970-2010)</b>					
<b>Indicador</b>	1970	1980	1990	2000	2010
Pessoas não-naturais do município	15.849	24.725	21.331	8.610	12.467
População Total	134.119	135.817	134.541	119.511	128.865
População Rural	92.487	90.583	72.920	51.075	49.203
% da população rural	68,958	66,7	54,2	42,7	38,2
Pop. Rural economicamente ativa	26.412	27.864	24.689	18.638	24.197
Renda familiar per capita média	0.16	0.27	0.33	-----	-----
Valor (R\$) do rendimento nominal médio mensal domiciliar	-----	-	-----	353,00	971,80

Fonte: Censos Demográficos e Econômicos, 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010

Na sub-bacia do Alto Paraíba há um nítido declínio da população rural economicamente ativa ao longo de todo período, provocado por atividades agropecuárias repulsoras de mão-de-obra que vem sendo praticadas no campo ou então as atividades existentes não estão proporcionando o sustento das pessoas, provocando a migração da população rural.

Quanto ao IDH-M, observou-se um aumento significativo desde 1970 em todos os municípios que integram total ou parcialmente a sub-bacia do Alto Paraíba, o que indica melhoria na qualidade de vida da população que habita a região.

Os dados das tabelas 03 e 04 também mostram um crescimento da renda familiar a partir da década de 1990. Esses dados mostram a influência das políticas públicas de transferência de recursos para as famílias mais carentes. A partir dos dados disponíveis no Portal Transparência do governo federal, verificou-se que os valores destinados aos municípios aumentaram a cada ano. O valor destinado pelo Programa Bolsa Família aos municípios que compõem a Sub-bacia do Alto Paraíba no ano de 2010 foi de R\$ 21.834.269,00, tendo aumentado para R\$ 27.281.634,00 em 2012.

As aposentadorias também exercem papel relevante nesse processo. Pesquisas qualitativas de Peixoto (2004) mostraram que grande parte dos pais com mais de 60 anos ajudam os filhos adultos, tanto pela prestação de pequenos serviços, quanto financeiramente. De acordo com Almeida (1998), os maiores motivos que levam as famílias brasileiras a recorrerem às transferências de recursos entre gerações são o desemprego e os baixos salários.

Sendo assim, verificou-se um crescimento no repasse das aposentadorias, de acordo com dados do DATAPREV, de R\$46.461.413,00 em 2005 para R\$174.437.718,00 em 2010.

#### **4.2 - A Estrutura Fundiária**

Conforme pode ser observado na Tabela 05, 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 consequências para o ambiente são sempre mais agravantes.

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

Propriedades	1970		1980		1995/11996		2006	
	QTD	Área (Km <sup>2</sup> )						
<b>Menos de 10 ha.</b>	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%)
<b>10 a Menos que 100 ha.</b>	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 %)
<b>100 a menos que 500 ha.</b>	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 %)
<b>Acima de 500 ha.</b>	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 %)

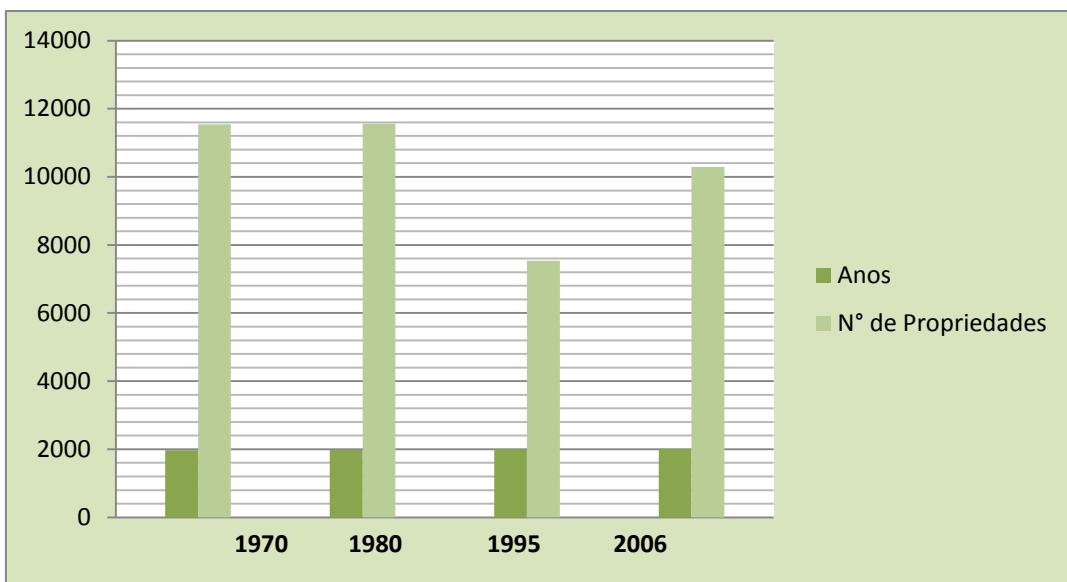
Legenda: QTD - Quantidade  
 Fonte: IBGE (Organização: S.S. Nascimento).

No Gráfico 01 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.

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



Fonte: IBGE (2013).

Outro grande problema que atinge não só a 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, e que está relacionado com o processo de desertificação, é que houve um aumento do número de pequenas propriedades e consequentemente 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.

#### **4.3 - 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 canavieira 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 descarreamento.

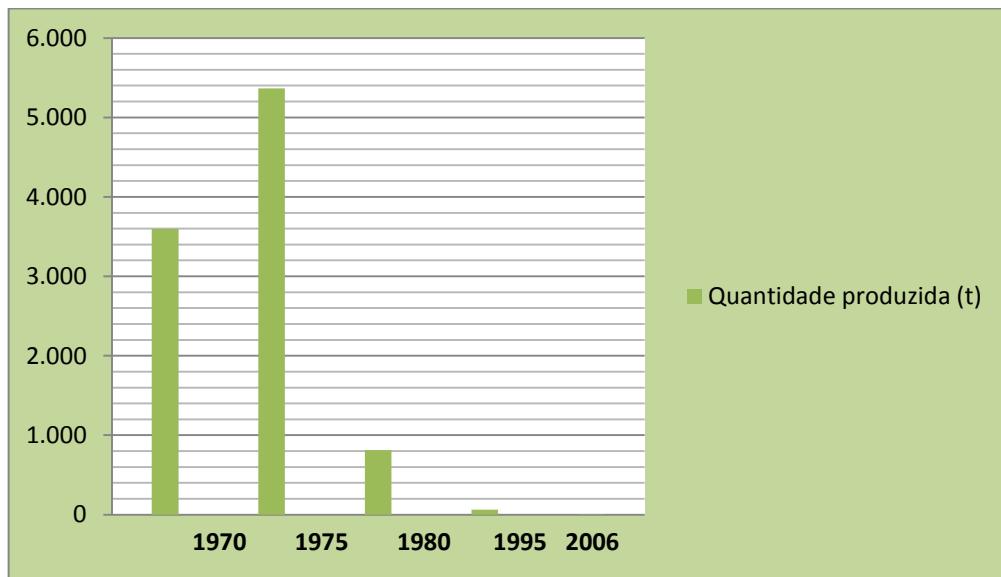
No século XIX, novamente a pecuária bovina é fortalecida, através da associação com a cultura do algodão, que foi impulsionada no contexto da Guerra de Secesão, em função da queda da produção norte-americana, fortalecendo tanto o poder dos grandes proprietários de terra, quanto o binômio algodão-pecuária, 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 consequências 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 02 podemos visualizar o auge da produção algodoeira, sobretudo, em 1975. Com o aparecimento da praga do bicho (*Anthonomusgrandis*), na segunda metade do século XX, veio o declínio da cotonicultura e consequentemente a perspectiva de uma melhoria socioeconômica para a região por meio dos benefícios advindos da produção algodoeira.

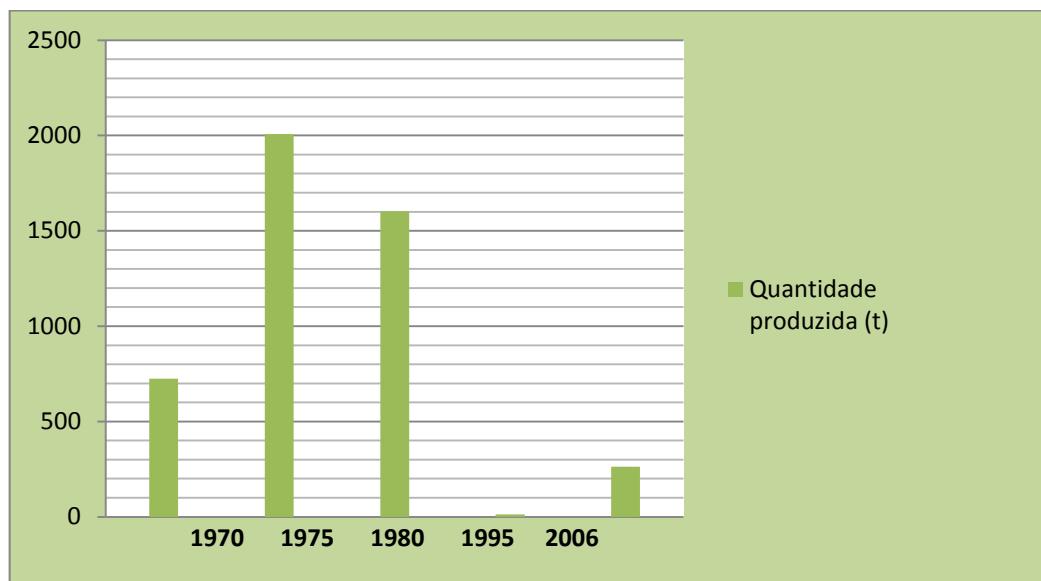
Gráfico – 02 Quantidade produzida de Algodão no Alto Paraíba (1970-2006).



Fonte: SIDRA/IBGE (2012).

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 gráficos 03.

Gráfico – 03 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).

Analizando a tabela 06, 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).

Tabela 06 – 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
1975	5.364	2.008	13.429	4.162	821
1980	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).

Os dados da tabela 06 também mostram que houve um aumento considerável da produção, tanto da lavoura temporária quanto da lavoura permanente (com exceção da mandioca) em 1975. 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.

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 diminui 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.

Tabela 07 – Utilização das terras na região do Alto Paraíba (hectares).

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

Fonte: SIDRA/IBGE (2013).

Os dados da tabela 07 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 (*Cenchrusciliaris*), e o reflorestamento com a disseminação do plantio da algaroba (*Prosopisjuliflora*).

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).

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 08.

Tabela 08 – Evolução da pecuária no Alto Paraíba.

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

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

Analisando os dados da tabela 08, 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 aatuação de algumas lideranças comunitárias e políticas locais e do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

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.

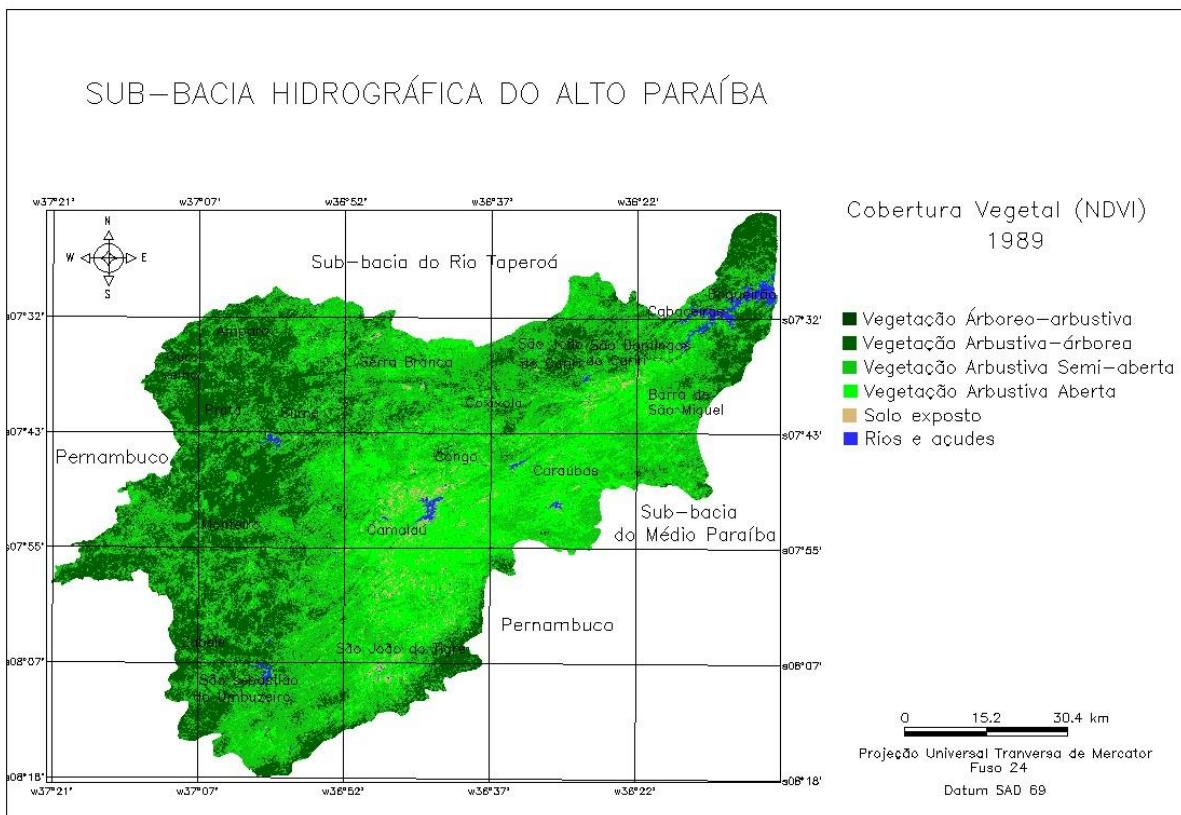
A assistência técnica começou a ser feita por pessoas que tivessem Nível Médio de ensino e fossem da região, capacitados por algumas instituições, como a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), para prestar orientação aos produtores em suas propriedades nas áreas de veterinária, zootecnia e agronomia. 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 consequências 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.

As alterações na configuração da caatinga da área de estudo podem ser observadas nas figuras 07 e 08, 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 07 – Cobertura vegetal da região do Alto Paraíba, em 1989.

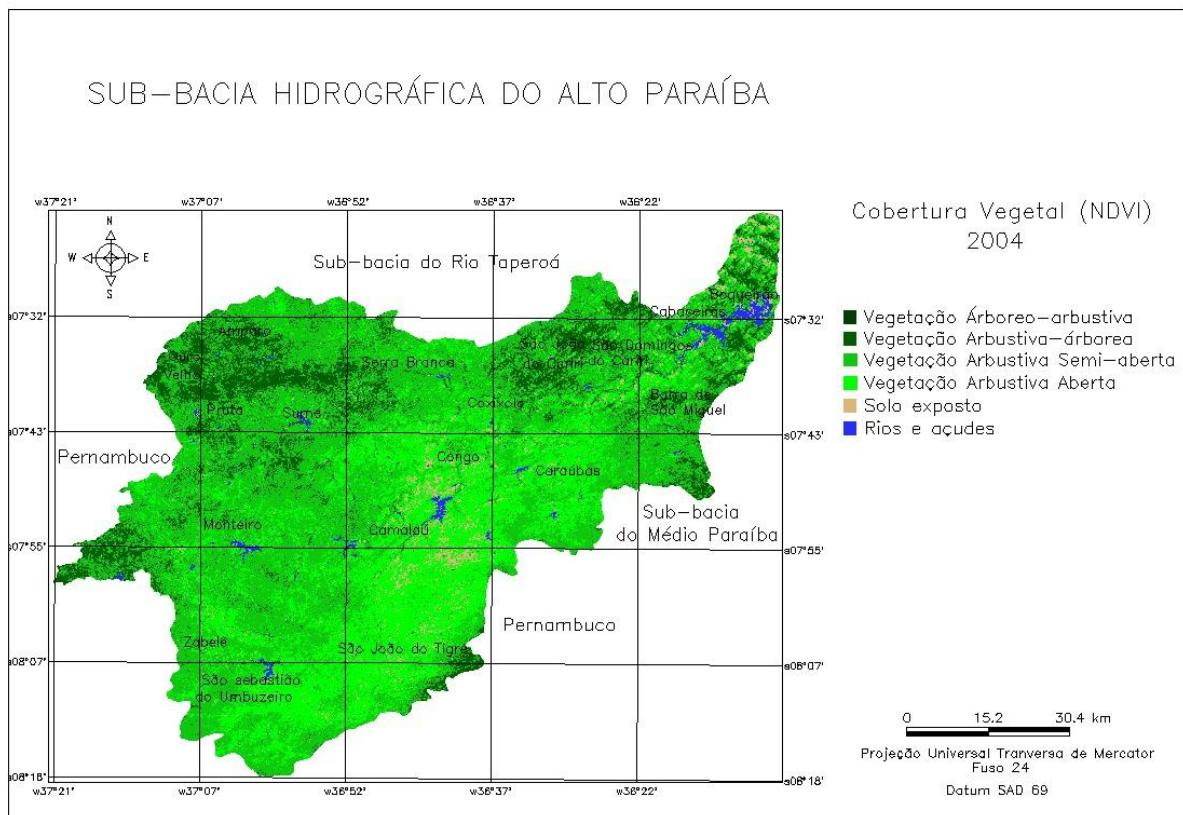


Fonte: Imagem Landsat-TM 5, 1989.

A figura 07 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 área de estudo, 43,5%, seguida da Caatinga Arbustivo-arbórea com 31,5%, e da Caatinga Arbustiva Aberta que ocupa uma área de 21,6%.

Após 15 anos, o cenário da área de estudo apresenta 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%, conforme pode ser visualizado na figura 08 e nos dados da tabela 09. 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.

Figura 08 – Cobertura vegetal da região do Alto Paraíba em 2004.



Fonte: Imagem Landsat-TM 5, 2004.

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.

Tabela 09 – Classes da cobertura vegetal no Alto Paraíba (1989-2004)

<b>Classes da cobertura vegetal/1989</b>		
Classes	Área (Km <sup>2</sup> )	%
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
<b>Classes da cobertura vegetal/2004</b>		
Classes	Área (Km <sup>2</sup> )	%
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

Fonte: Imagem Landsat5 TM (1989 e 2004).

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 consequentemente 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.

Para estabelecer os níveis de propensão e ocorrência da desertificação no Alto Paraíba entre as décadas de 1990 e 2010, objetivo principal desta pesquisa, partiu-se da observação sucinta da evolução da dinâmica da cobertura vegetal, conforme destacou-se no capítulo 1 deste trabalho referente à metodologia da pesquisa. Foi feito o recorte do NDVI de cada município inserido total ou parcial na sub-bacia do Alto Paraíba, quantificou-se as classes ocupadas por solo exposto e caatinga arbustiva aberta, daí foi atribuído o nível do sub-índice a cada município, conforme mostra a tabela 10.

Tabela 10 – Nível do Sub-índice de Cobertura Vegetal para a propensão e a ocorrência da desertificação no Alto Paraíba.

Município	Cobertura Vegetal (Solo exposto + Caatinga arbustiva aberta)									
	1990		2000		Evolução 1990/2000		2010		Evolução 2000/2010	
	Área (km)/%	NS P	Área (km)%	NS P	Área (km)/%	NS O	Área (km)%	NO S	Área (km)/%	NOS
Amparo	4,8/3,9	1	4,3/3,5	1	-0,5/0,-4	1	46,1/37,8	2	41,8/34,3	3
Barra de São Miguel	171,1/28,7	1	77,2/12,9	1	-93,9/-15,8	1	165,8/27,8	1	88,6/14,9	3
Boqueirão	33,4/11,3	1	78,6/26,7	1	-45,2/-15,4	1	139,3/44,7	2	60,7/18,0	3
Cabaceiras	70,9/17,8	1	124,7/31,2	1	53,8/13,4	2	257,8/64,5	2	133,1/33,3	3
Camalaú	338,6/56,0	2	342,2/84,8	3	3,6/28,8	3	532,6/88,2	3	190,0/3,4	3
Caraúbas	231,8/51,7	2	225,0/50,3	2	-6,5/-1,4	1	312,3/70,0	3	190,0/3,4	3
Congo	147,2/53,7	2	180,9/63,6	2	33,7/9,9	2	259,5/94,6	3	78,6/31,0	3

Tabela 10 (Continua) – Nível do Sub-índice de Cobertura Vegetal para a propensão e a ocorrência da desertificação no Alto Paraíba.

Município	Cobertura Vegetal (Solo exposto + Caatinga arbustiva aberta)									
	1990		2000		Evolução 1990/2000		2010		Evolução 2000/2010	
	Área (km)/%	NS P	Área (km)/%	NSP	Área (km)/%	NSO	Área (km)/%	NSP	Área (km)/%	NOS
Coxixola	12,8/10,7	1	27,1/22,6	1	15,1/11,9	2	107,4/89,7	3	80,3/67,1	3
Monteiro	50,2/5,1	1	192,8/19,5	1	142,6/14,4	2	465,1/47,3	2	272,3/27,8	3
Ouro Velho	3,8/2,9	1	2,7/2,1	1	-1,1/-0,8	1	44,2/34,4	2	41,5/32,3	3
Prata	7,4/3,8	1	13,2/6,9	1	5,8/3,1	2	35,9/18,7	1	22,7/11,8	3
São D. do Cariri	63,6/28,5	1	52,6/23,6	1	-11,0/-4,6	1	93,7/42,0	2	41,1/18,4	3
São João do Cariri	207,3/32,6	1	150,3/23,6	1	-57,0/-9,8	1	319,1/50,2	2	168,8/26,6	3
São João do Tigre	286,1/35,0	2	551,5/67,2	3	265,4/32,5	3	684,4/85,9	3	132,9/18,7	3
S.S. do Umbuzeiro	38,1/8,2	1	183,1/39,4	2	145,0/31,2	3	318,1/68,4	3	135,0/29,0	3
Serra Branca	353,5/47,8	2	272,5/36,9	2	-81,0/-10,9	1	288,8/88,6	3	16,3/51,7	3
Sumé	155,3/18,5	1	152,9/18,1	1	-2,4/-0,4	1	535,8/64,0	3	382,9/45,9	3
Zabelê	3,1/2,8	1	34,8/31,5	1	31,7/28,7	3	70,1/63,3	2	35,6/31,8	3

Legenda:

NSP – Nível do Sub-índice de cobertura vegetal referente à propensão à desertificação.

NOS – Nível do Sub-índice de cobertura vegetal referente à ocorrência da desertificação.

Fonte: Imagem Landsat5 TM (1989, 2004 e 2007).

De modo geral houve uma deterioração da cobertura vegetal ao longo do tempo no Alto Paraíba, contudo, em 2004 a classe de vegetação arbustiva aberta apresentou em alguns municípios, uma evolução para a classe de vegetação arbustiva semi-aberta, fazendo com que

houvesse uma redução das áreas desprovidas de cobertura vegetal em algumas áreas, mesmo assim, predominou de modo geral, o avanço das áreas com caatinga arbustiva aberta e solo exposto durante todo o período em análise (1989 a 2007).

Portanto, a extração intensiva e predatória da caatinga, ameaça não só apenas o processo de recolonização vegetal das áreas desmatadas, mas também os solos, principalmente durante os períodos chuvosos, devido ao aumento do poder erosivo das chuvas.

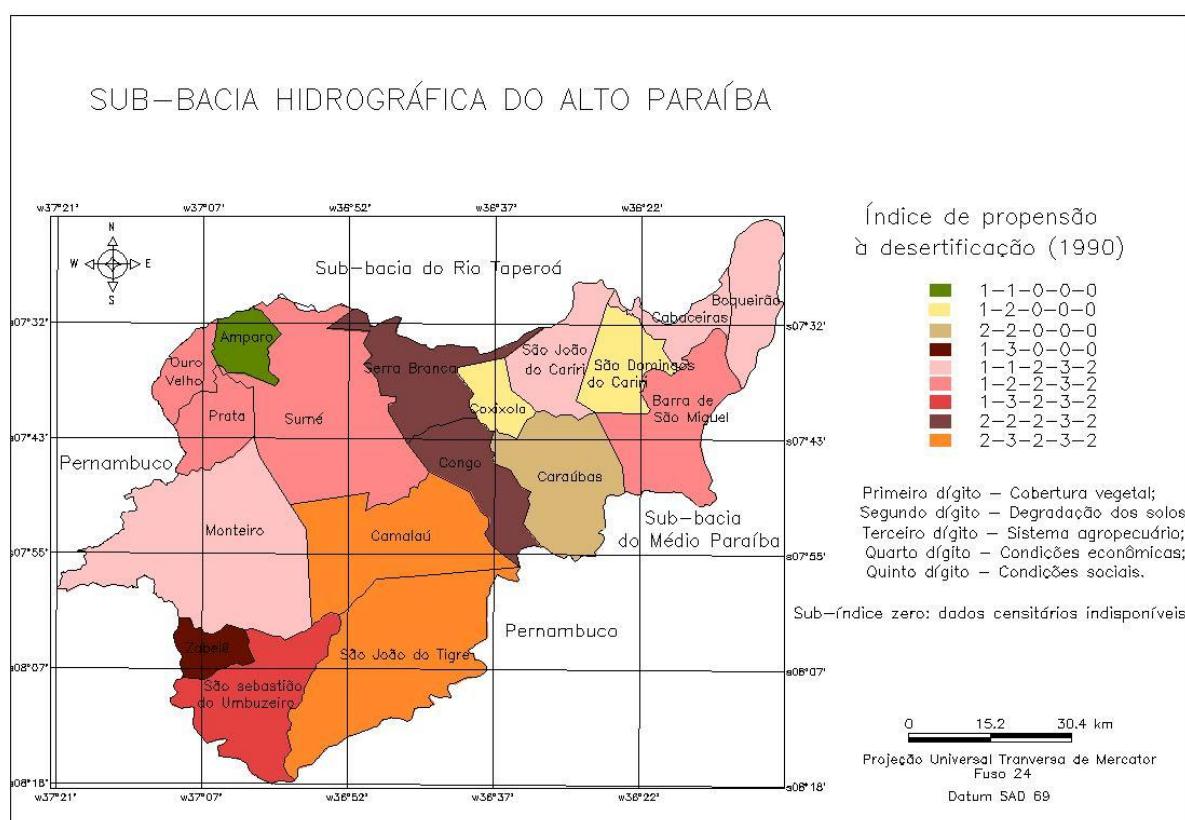
Por outro lado, as altas temperaturas contribuem na redução da microfauna e microflora, fatores decisivos das interações bióticas e abióticas da qualidade e fertilidade, e sua posterior produtividade; enquanto que irregularidade das precipitações dificulta o desenvolvimento do setor produtivo, não que as condições naturais determinem o meio, mas sim que, estes elementos supõe o desenvolvimento de políticas públicas condizentes com a realidades regional capaz de promover mudanças significativas na vida do nordestino.

## V – A SUSCEPTIBILIDADE E A OCORRÊNCIA DA DESERTIFICAÇÃO NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA

### 5.1 – Propensão ou suscetibilidade à desertificação

A interpretação dos resultados da forma como estão apresentados nesses mapas se torna difícil, sendo assim foi feita uma classificação do índice para gerar os níveis de intensidade, que são apresentados nas figuras 10, 12 e 14, com a propensão ou suscetibilidade agrupada em quatro níveis, baixa, moderada, alta e grave.

Figura 09 – Índice de propensão à desertificação (1990).

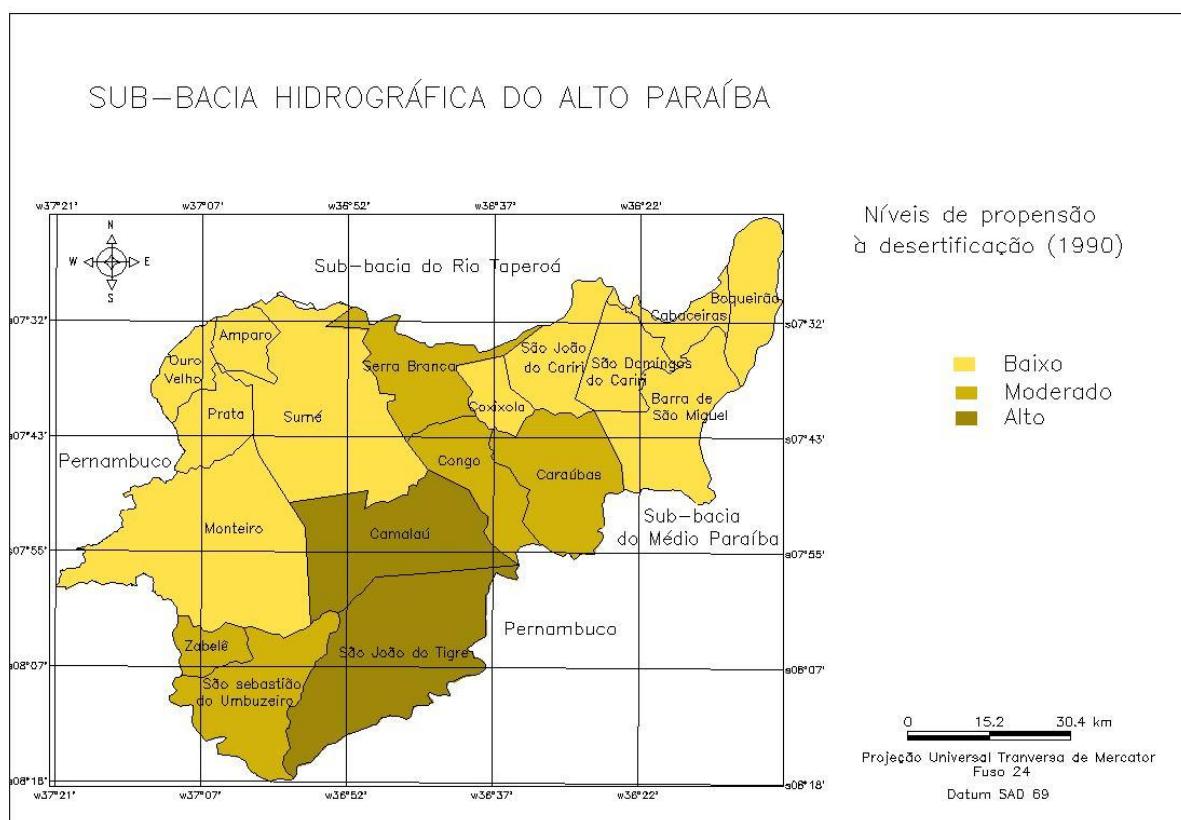


Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Para a propensão a desertificação no Alto Paraíba na década de 1990, foram obtidos nove índices, quatro destes (1-1-0-0-0, 1-2-0-0-0, 1-1-2-3-3 e 1-2-2-3-2), correspondem a um baixo nível de propensão. Quanto à condição agropecuária, econômica e social, estas apresentaram níveis moderado, alto e moderado, respectivamente. Nas áreas onde a condição

ambiental apresentou níveis moderado e alto, obteve-se dois grupos: moderada e alta propensão. Onde os sub-índices referente à condição ambiental apresentou nível 2, a propensão foi considerada moderada, neste grupo estão inseridos os municípios de Caraúbas, Congo, Serra Branca São Sebastião do Umbuzeiro e Zabelê. O outro grupo classificado com alto nível de propensão corresponde aos municípios que apresentaram nível 3 na condição ambiental: Camalaú e São João do Tigre (figura 10).

Figura 10 – Níveis de propensão à desertificação (1990).



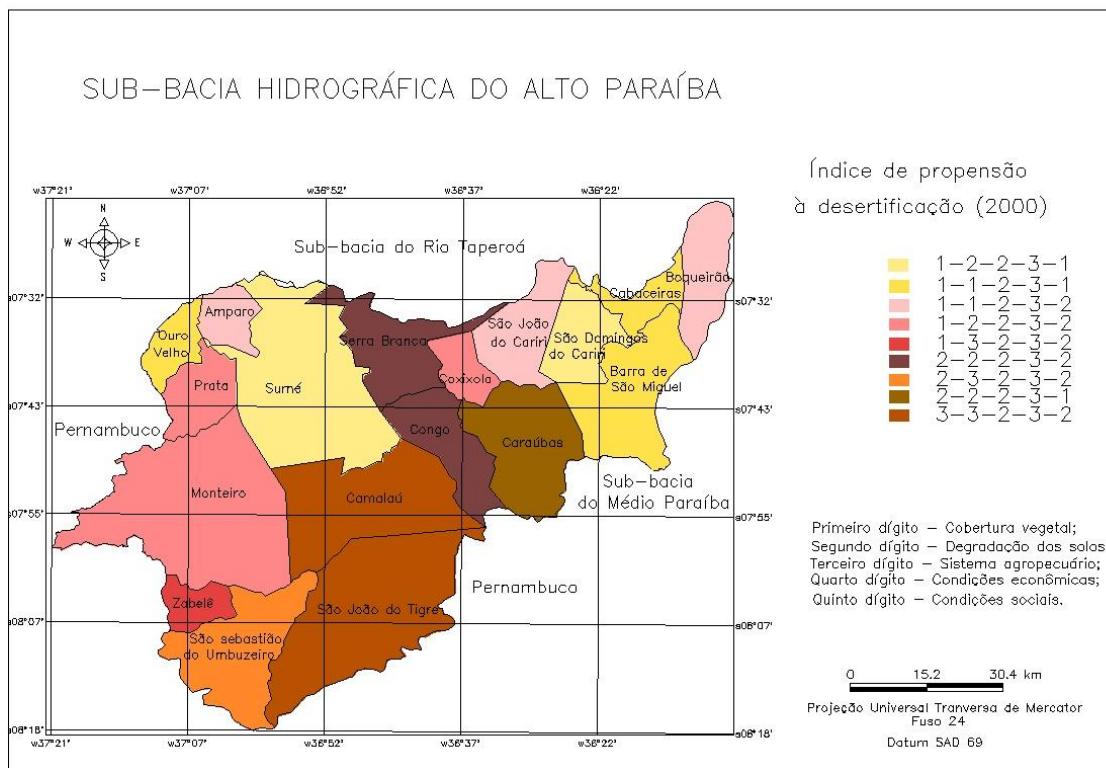
Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Conforme se pode verificar na figura do mapa 2, na década de 1990, 53,9% da sub-bacia apresentou nível baixo de propensão a desertificação; o nível moderado representou 24,5% e, 21,6% corresponde ao nível alto de propensão. As áreas, onde o nível de propensão foi considerado alto corresponde ao sul da sub-bacia, onde as áreas mais íngremes apresentam forte propensão à degradação dos solos.

Na década de 2000, obtiveram-se nove índices de propensão (figura 11); o sistema agropecuário permaneceu com o nível alto de deterioração registrado na década anterior,

enquanto que, a condição social apresentou melhoria em alguns municípios inseridos total ou parcial na sub-bacia do Alto Paraíba: Barra de São Miguel, Cabaceiras, Caraúbas, Ouro Velho, São Domingos do Cariri e Sumé.

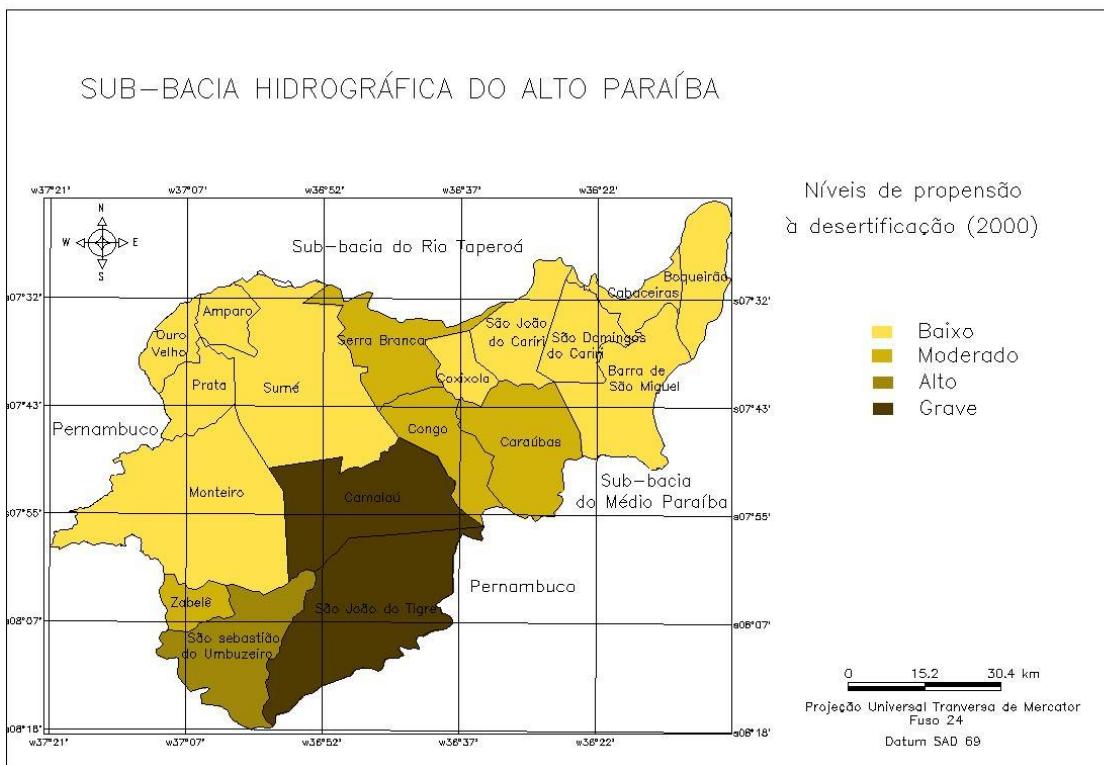
Figura 11 – Índice de propensão à desertificação (2000).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Em cinco, dos índices construídos, o percentual de cobertura vegetal apresentou nível 1. Com isso, os municípios que compõem este grupo foram classificados em baixo nível de propensão a desertificação, com exceção de Zabelê, que apesar do nível baixo de degradação da cobertura vegetal apresentou nível alto de propensão à erosão dos solos, sendo inserido ao grupo de propensão moderada constituído pelos municípios de Caraúbas, Congo e Serra Branca, os quais apresentam nível moderado de propensão à erosão dos solos e moderado nível de degradação da cobertura vegetal. O índice 2-3-2-3-2 foi classificado em nível alto de propensão e, onde a condição ambiental apresentou nível 3 nos dois sub-índices (Camalaú e São João do Tigre), foi classificado em nível grave de propensão a desertificação (Figura 12).

Figura 12 – Níveis de propensão à desertificação (2000).

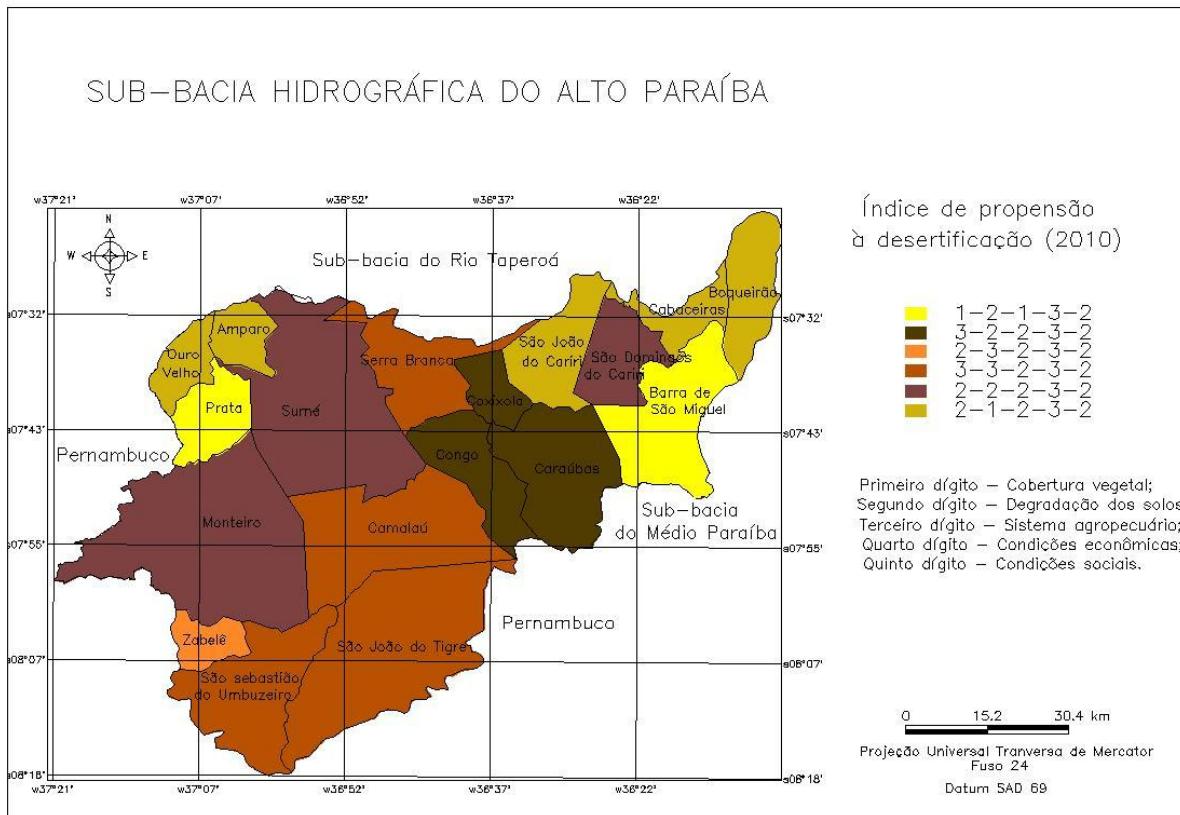


Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Na década de 2000, o nível baixo de propensão permaneceu estável com 53,9%, contudo, houve uma redução de 21,5% nos níveis moderado e alto, esse percentual foi classificado como grave, devido, sobretudo, ao agravamento na condição ambiental e agropecuária.

Para a década de 2010, foi obtido seis índices, conforme mostra a figura 13, o que chama a atenção nesta década é o fato do sub-índice de cobertura vegetal ter apresentado nível alto de degradação em praticamente 50% da área da sub-bacia.

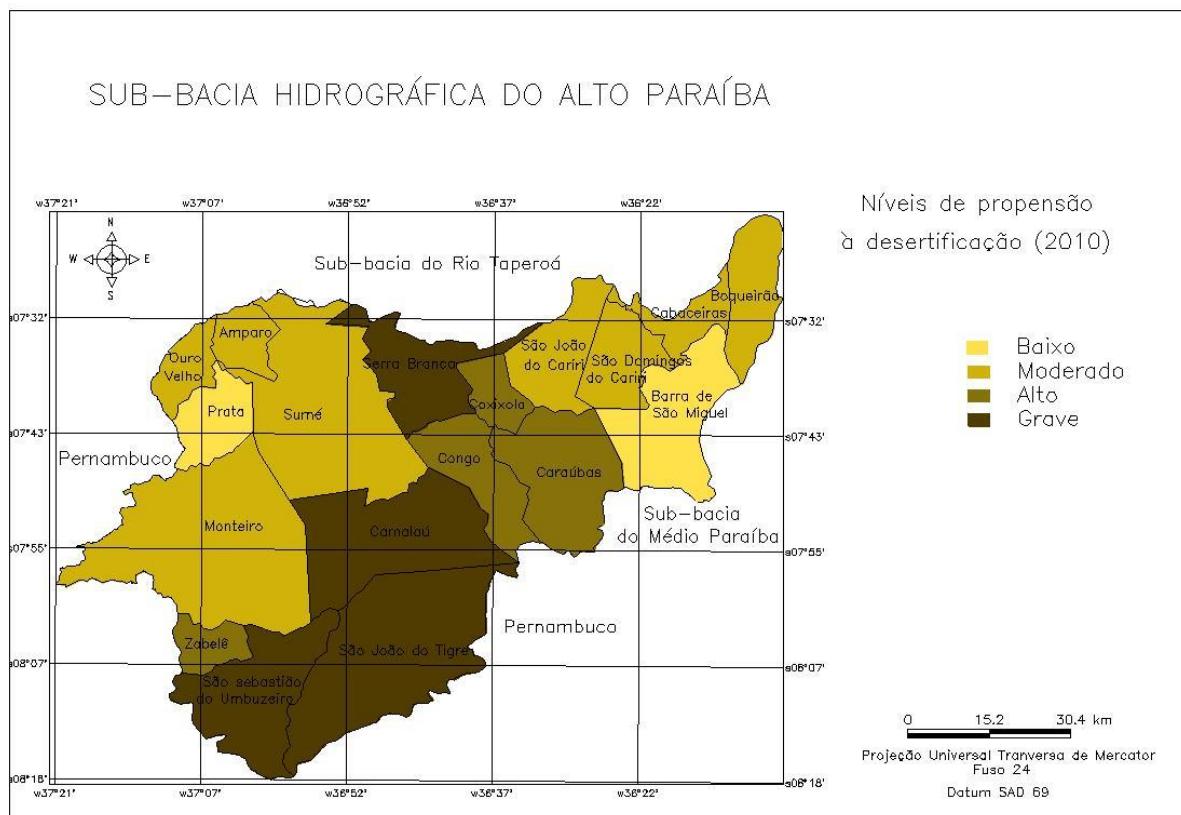
Figura 13 – Índice de propensão à desertificação (2010).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Desse modo, na década de 2010, de um modo geral observa-se que, o nível de deterioração das condições observadas foi elevado em relação à década anterior, com isso, os níveis mais alto de propensão a desertificação também evoluiu, enquanto que, o nível baixo foi reduzido. O nível baixo reduziu em 49,1%, passando a representar apenas 9,5% da área da sub-bacia. O nível moderado passou de 11,5% para 42,6%. O nível alto de propensão aumentou em 7,1% e o nível grave teve um aumento de 10,9% (Figura 14).

Figura 14 – Níveis de propensão à desertificação (2010).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Do exposto, observa-se que houve um avanço nos níveis de propensão a desertificação em todo território do Alto Paraíba, este fato está relacionado, sobretudo a redução da cobertura vegetal mediante o uso intensivo dos recursos da caatinga.

No mapa da figura 15, é possível observar três grupos de suscetibilidade a desertificação: Baixo, Alto e Grave. As áreas com alto e grave níveis de propensão a desertificação, são as áreas onde o NDVI apresentou uma maior degradação da cobertura vegetal, no período que compreende as décadas de 1989 e 2004. Isso evidencia o maior peso que a variável Cobertura Vegetal teve na avaliação tanto da propensão quanto da desertificação.

Figura 15 – Mapa-síntese dos Níveis de Propensão à desertificação (2010).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

De acordo com o mapa da figura 15 e os dados da tabela 11 observa-se que, os níveis de intensidade referentes à propensão à desertificação evoluíram em 90,5% da área total da sub-bacia. Esse grupo se encontra dividido em cinco classes de níveis: Baixo a Moderado que ocupa 42,6% da área estudada. Moderado a Alto com 12,6, Moderado a Grave com 11,9% e Alto a Grave representando 21,6 da área total estudada, estes últimos correspondem as áreas da onde os níveis de propensão evoluíram de um modo mais preocupante. O nível Baixo a Moderado representou apenas 1,8%, enquanto que 9,5% da área de estudo permaneceu apresentando nível Baixo de propensão.

Tabela 11 – Evolução dos níveis de propensão à desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba.

Níveis de propensão à desertificação	1990		2000		Evolução 1990/2000		2010		Evolução 1990/2010	
	Área (km)	%	Área (Km)	%	Área (Km)	%	Área (Km)	%	Área (Km)	%
Baixo	3.546,4	53,9	3.546,4	53,9	0	0	627,3	9,5	-2.919,1,0	-44,4
Moderado	1.612,5	24,5	1.154,8	17,6	-22,6	-6,9	2.799,8	42,6	1.187,3	18,1
Alto	1.418,8	21,6	457,7	7,0	-961,1	14,6	948,4	14,4	-470,4	-7,2
Grave	--	--	1.418,8	21,6	--	--	2.202,4	33,5	783,6	11,9

Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

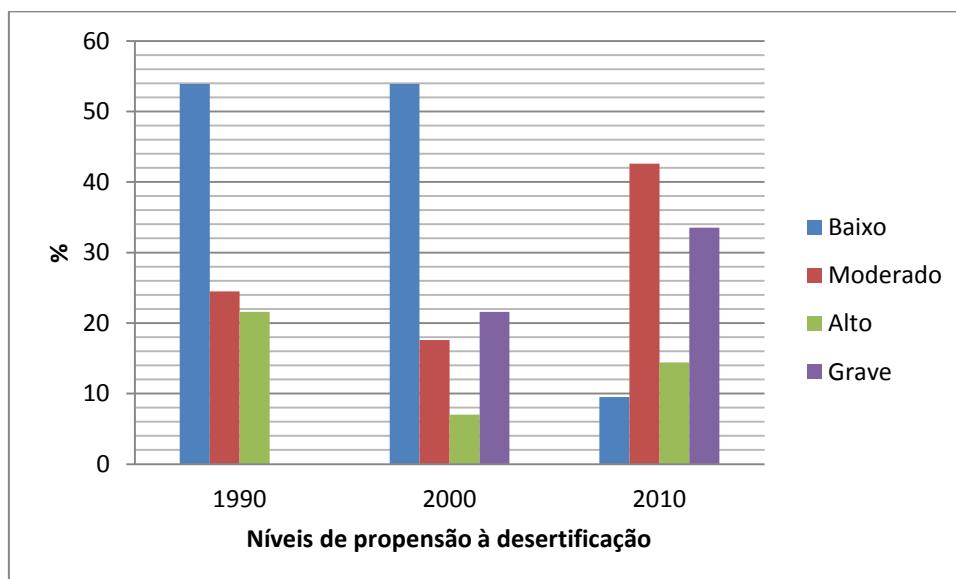


Gráfico 04 – Níveis de propensão à desertificação no Alto Paraíba (1990-2010).

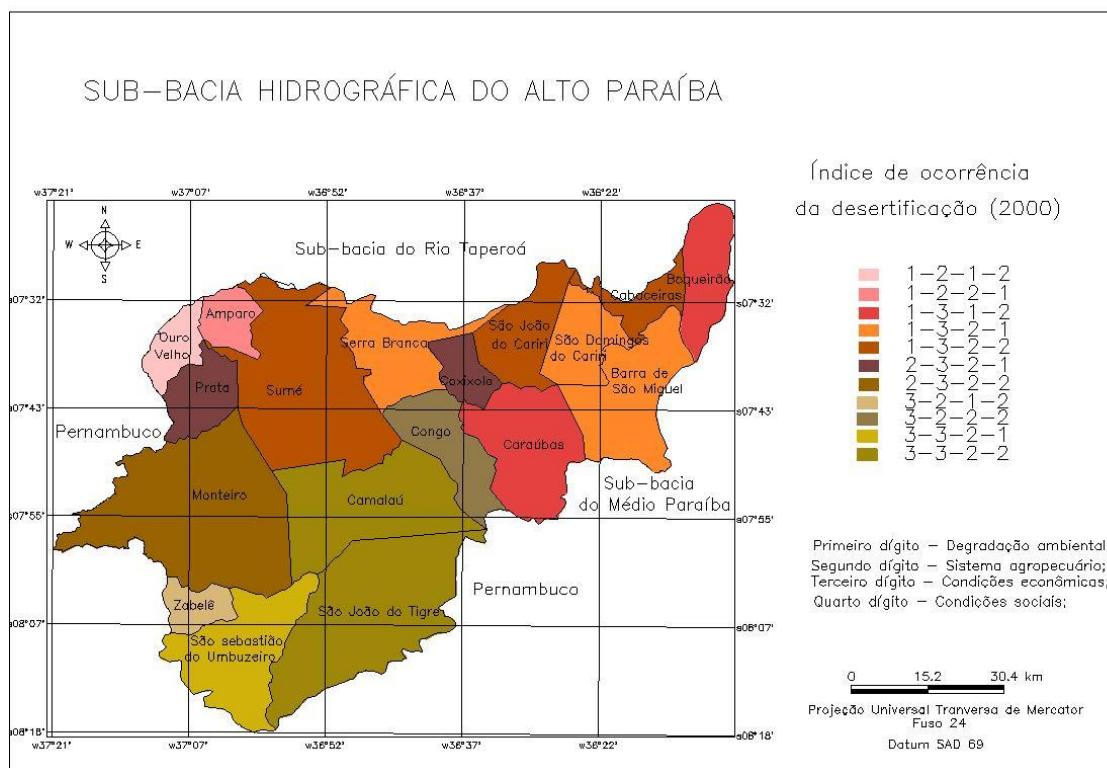
De acordo com os dados apresentados na Tabela 11 e no Gráfico 04, fica patente uma mudança da propensão à desertificação ao longo do tempo na Sub-bacia do Alto Paraíba.

Essa mudança se expressa na mesma proporção, com uma redução das áreas com baixa propensão, e um aumento das áreas com grave e alta propensão.

## 5.2 – Níveis de ocorrência da desertificação

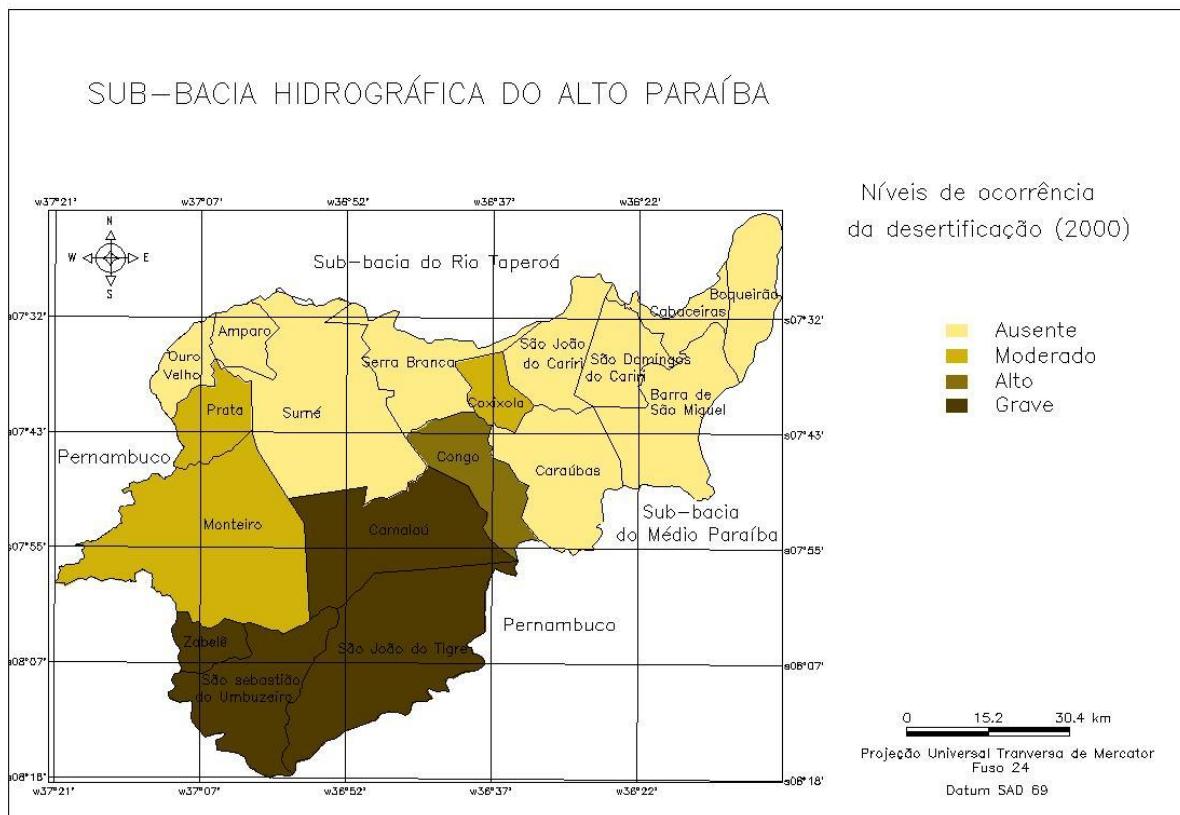
Conforme foi mencionado no capítulo referente à metodologia da pesquisa, a ocorrência da desertificação é avaliada com base em quatro sub-índices, representados pelos quatro dígitos na legenda dos mapas do índice de desertificação da Sub-bacia do Alto Paraíba. O primeiro dígito representa a situação ambiental, o segundo a situação da agropecuária, o terceiro a situação econômica e o quarto a situação social.

Figura 16 – Índice de Ocorrência da desertificação (2000).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Figura 17 – Níveis de Ocorrência da desertificação (2000)

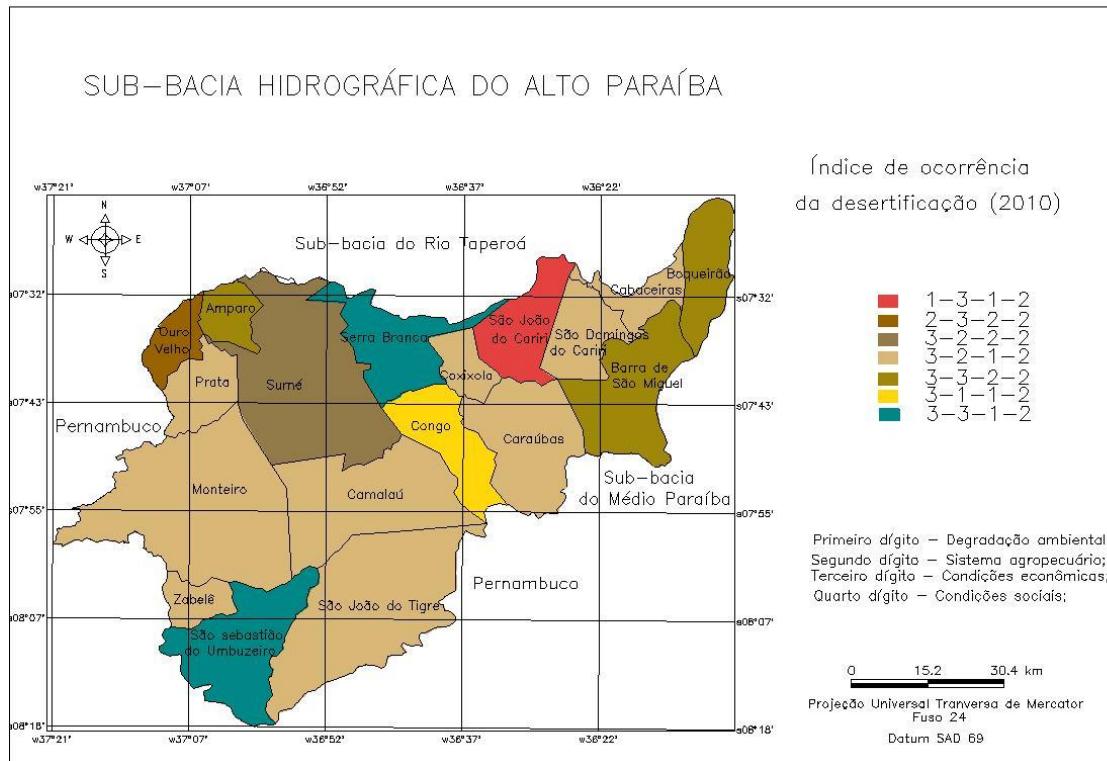


Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Desse modo, foram registrados os três níveis de intensidade da desertificação para a década de 2000: moderado, alto e grave, onde não foi registrado o processo identificou-se como ausente (figura 17). Os municípios de Amparo, Boqueirão, São Domingos do Cariri e São João do Cariri, compõe o grupo que não apresentou ocorrência da desertificação, uma vez que, nestes não foi observado uma piora no tempo de alguns indicadores que compõe o sub-índice de degradação ambiental, tais como a carga animal e o extrativismo vegetal. Nos demais municípios o forte agravamento nas questões ambientais e agropecuárias favoreceram que nessa década fossem registradas áreas com moderado, alto e grave níveis de desertificação, representando, respectivamente, 20,6%, 4,4% e 34,7% da área da sub-bacia.

A figura 18 evidencia as dez situações dos índices de desertificação na sub-bacia do Alto Paraíba para a década de 2010. Os índices construídos demonstram que persistem as melhorias nas questões sociais e econômicas registradas em 2000, assim como também persiste a situação nas condições agropecuárias e ambientais, salvo algumas exceções.

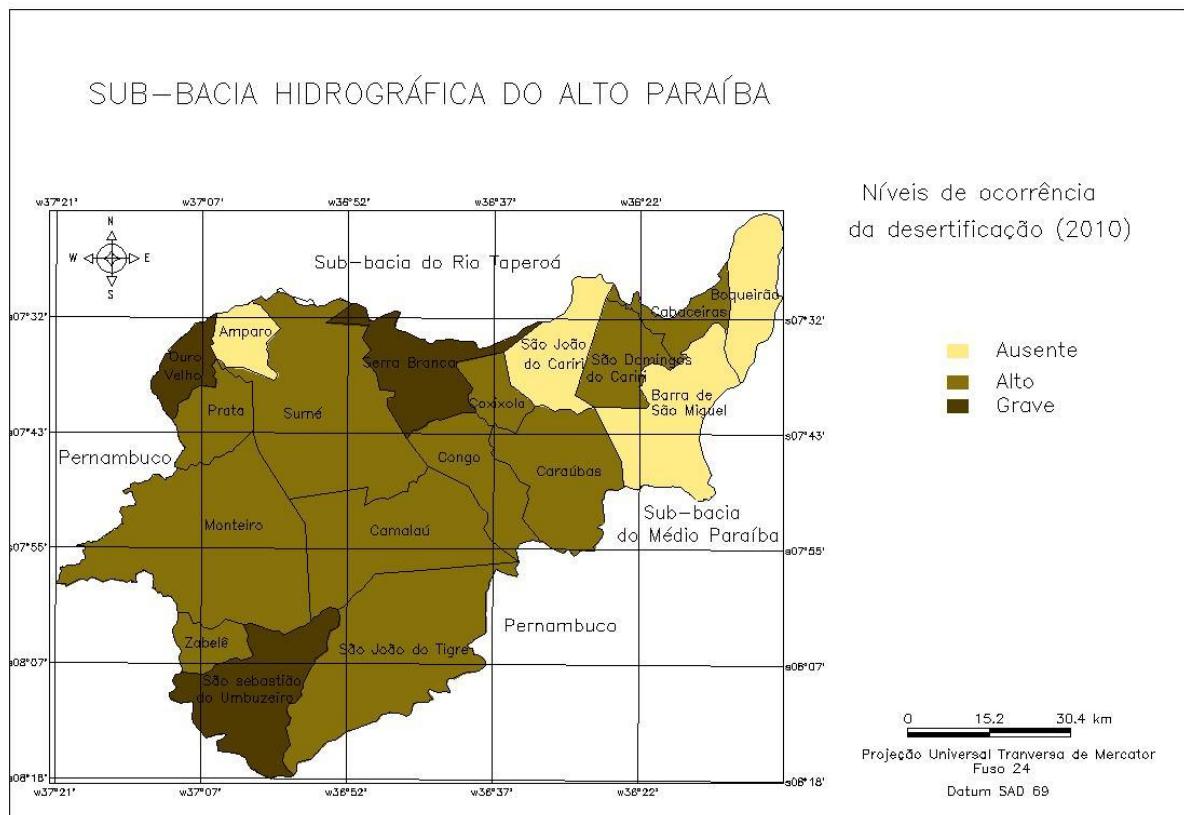
Figura 18 – Índice de ocorrência da desertificação (2010).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Avaliando os níveis de desertificação, verifica-se que, apesar do alto nível de degradação da cobertura vegetal e do problema moderado a alto no sistema agropecuário registrado nos municípios de Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão e São João do Cariri, estes, apresentaram a situação de ausência de desertificação, devido à falta de evidência de agravamento em pelo menos mais um indicador referente ao sub-índice de degradação ambiental. Esse primeiro grupo representa 16,9% da sub-bacia. Os demais municípios foram alocados em dois grupos a ocorrência da desertificação: alto e grave (figura 19). As áreas com nível alto de desertificação representaram 68,6% da área de estudo, seguido do nível grave com 14,5%. O nível moderado não foi registrado nesta década.

Figura 19 – Níveis de Ocorrência da desertificação (2010).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

De modo geral, houve um avanço da ocorrência da desertificação no Alto Paraíba no período compreendido entre as décadas de 2000 e 2010. As áreas consideradas não desertificadas aumentaram em 26,4%, mesmo com a redução de 20,2% do nível grave, o nível alto, que não havia sido registrado na década anterior, passou a representar 68,6% da sub-bacia.

Considerando o período em análise (2000 e 2010), observa-se que, 16,1% do território que comprehende a sub-bacia do Alto Paraíba, mediante a metodologia utilizada, correspondem àquela que na estimativa da propensão à desertificação apresentou um nível de baixo a moderado de suscetibilidade a ocorrência deste fenômeno. 4,2% do espaço em estudo permaneceu num nível alto de ocorrência da desertificação. Houve uma permanência do nível grave em 7,0% da área total, porém, 23,3% do nível grave foi reduzido para alto, em virtude da melhoria no setor agropecuário.

Em diferentes níveis de intensidade, a ocorrência da desertificação no Alto Paraíba evoluiu em 72,9% da área total da Sub-bacia, 29,9% deste total não havia apresentado

ocorrência da desertificação na década de 2000, contudo, o avanço registrado na diminuição da cobertura vegetal possibilitou a inserção destas áreas no grupo de alta desertificação no Alto Paraíba no ano de 2010. O caso mais grave foi registrado no município de Serra Branca, que de ausente passou a registrar nível grave, representando 6,9% da área estudada. Quanto ao nível moderado, este evoluiu em 19,7% da área total da sub-bacia (Figura 20).

Figura 20 – Mapa-síntese dos Níveis de Ocorrência da desertificação (2000 - 2010).



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Desse modo, verifica-se que houve uma intensificação da ocorrência da desertificação no Alto Paraíba durante todo o período, mesmo onde não foi identificado a ocorrência do processo (Amparo, Boqueirão, Barra de São Miguel e São João do Cariri), houve também uma intensificação da deterioração da cobertura vegetal, conforme pode ser verificado na tabela do sub-índice de cobertura vegetal que se encontra no Apêndice deste trabalho. Considerando o período em análise (2000 a 2010), observou-se que, as áreas onde os níveis de desertificação se mostraram mais acentuados concentram-se na porção Sul da sub-bacia, onde

o risco de erosão dos solos e a deterioração da cobertura vegetal apresentaram nível 3, isto é, nível alto de deterioração, conforme mostra o mapa da figura 20.

Da mesma forma como foi feito para a propensão à desertificação, é utilizado um recurso gráfico para facilitar a visualização da evolução dos níveis de desertificação.

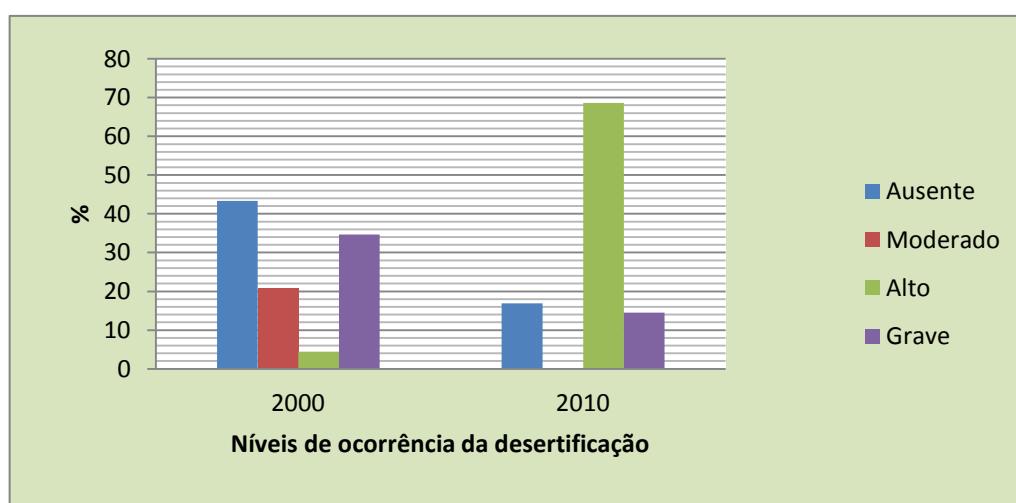
Sendo assim, na tabela 12 e no gráfico 05, podem ser visualizados e comparados os diferentes níveis de intensidade da desertificação na sub-bacia do Alto Paraíba.

Tabela 12 – Evolução dos níveis de desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba (2000-2010).

Níveis de ocorrência da desertificação	2000		2010		Evolução	
	Área (Km)	%	Área (Km)	%	Área (Km)	%
Ausente	2.709,7	43,4	1.056,7	16,9	-273,7	-26,4
Moderado	1.297,7	20,6	0	0	---	---
Alto	273,7	4,4	4.295,7	68,6	+4.058,0	+64,2
Grave	1.986,4	34,7	912,0	14,5	-1.074,4	-20,2

Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Gráfico 05 – Evolução dos níveis de desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba (2000-2010)



Fonte: Resultados da pesquisa (2013).

Pelos resultados apresentados no gráfico, pode-se observar, de uma forma geral, um agravamento da situação da desertificação na sub-bacia do Alto Paraíba.

Chega-se a essa conclusão devido aos seguintes aspectos:

- Há uma redução das áreas consideradas não desertificadas;
- Há um aumento das áreas com alto nível de desertificação;
- O nível grave de desertificação identificado no ano 2000, diminuiu em 2010;
- Na última década, não se verifica áreas com moderado nível de desertificação.

Essas conclusões podem ser corroboradas com alguns comentários mais específicos que serão feitos a seguir.

A maior quantidade de áreas com alto nível de desertificação na década de 2000 talvez tenha ocorrido devido ao agravamento na situação da agropecuária e das condições ambientais, mesmo tendo ocorrido uma melhoria nas condições econômicas e sociais em relação à década anterior.

Nas áreas centrais e oeste da sub-bacia o alto nível de desertificação identificado, pode estar relacionado com as práticas de uso, que provocam degradação. Já na porção sul, o processo se apresenta com maior intensidade em algumas áreas mais preservadas, nos municípios de São Sebastião do Umbuzeiro, Zabelê e São João do Tigre. Esse fato pode estar ocorrendo pelo maior grau de erosão hídrica que existe nessa área devido ao relevo acidentado e a retirada da cobertura vegetal.

Na foto da figura 21 observa-se uma dessas áreas mais preservadas (São João do Tigre), mas que apresenta uma situação preocupante frente à instalação dos processos de desertificação, seja pelo alto grau de erosão ou pelas condições agropecuárias, econômicas e sociais.

Essa área, embora esteja localizada num setor da bacia onde já se verificam altos níveis de degradação, comporta-se como uma ilha, uma vez que está inserida numa Unidade de Conservação Estadual, a Área de Proteção Ambiental (APA) das Onças. Essa condição de melhor preservação da cobertura vegetal se dá, em grande parte, pelas condições atmosféricas particulares da área, que possibilita a existência de um micro-clima, bem como devido ao relevo acidentado que dificulta a ocupação e o uso do solo. Nestas áreas são encontradas áreas úmidas denominadas, brejos de altitude.

Figura 21 – Área preservada em São João do Tigre (2011).



Fonte: Pesquisa de campo (2011).

A foto 22 mostra uma outra realidade, neste caso no município de São Domingos do Cariri. Observa-se uma área com um nível alto de degradação, com grande percentual do solo pedregoso exposto, resultante de sucessivas retiradas da vegetação natural. Além disso, a vegetação que ainda existe na área tem baixo porte é bastante esparsa, com grande presença de cactáceas.

Figura 22 - 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. Desse modo, a eliminação progressiva da vegetação, as queimadas e o uso incorreto do solo ainda são práticas comuns que têm alavancado os níveis de degradação na Sub-bacia do Alto Paraíba, contribuindo para o aparecimento e ou/aggravamento do processo de desertificação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou, de um modo geral, analisar a desertificação na Sub-bacia do Alto Paraíba, através da aplicação da metodologia desenvolvida por Sampaio et al (2003). Os indicadores selecionados reunidos em índices de propensão e índices de desertificação possibilitaram a análise do processo de desertificação, simplificando as comparações temporais e espaciais entre os municípios que estão parcial ou totalmente inseridos Sub-bacia.

Em relação aos indicadores publicados pelo IBGE, os mesmos permitem que se tenha um diagnóstico das áreas estudadas, ao mesmo tempo em que oferecem informações importantes na definição de prioridades de planejamento para os municípios.

Do ponto de vista metodológico, com a construção do índice de suscetibilidade e posteriormente do índice de ocorrência da desertificação, esta pesquisa tem caráter inovador, possibilitando verificar se realmente o nível de ocorrência da desertificação é maior onde a suscetibilidade é mais elevada.

Outro aspecto inovador que merece destaque é a construção do índice de ocorrência da desertificação construído mediante a observação temporal do estado ambiental, social e econômico da área de estudo, o que confere um maior grau de confiabilidade ao entendimento do que seja uma área afetada pela desertificação ou apenas uma área susceptível ao desencadeamento deste processo, uma vez que, a suscetibilidade é composta por características do local, enquanto a desertificação é um processo dinâmico que envolve mudança no tempo das condições ambientais, sociais e econômicas. Eis a razão pela qual se obteve numa mesma década, para o mesmo recorte espacial, um índice de suscetibilidade diferente do índice de ocorrência da desertificação.

No período compreendido entre as décadas de 1990 e 2010 observou-se que, os níveis de propensão a desertificação evoluíram de forma exorbitante, nas décadas de 2000 e 2010, esse avanço está relacionado, sobretudo, a intensificação das áreas desprovidas de cobertura vegetal. Nas áreas onde foi registrado os níveis baixo e moderado de desertificação, não foi registrado a ocorrência da desertificação nas últimas décadas (2000 e 2010). Já os níveis alto e grave estão relacionados com as áreas onde o nível de propensão apresentou nível alto e grave.

Fazendo um contraponto entre os resultados obtidos com esta pesquisa e as políticas públicas desenvolvidas na região, foram elencadas algumas considerações no que se refere às

ações do Estado, empreendidas na região e a relação com o processo de desertificação na mesma.

Em função do exposto anteriormente, foi detectado que nas décadas de 2000 e 2010, o processo de desertificação registrado no Alto Paraíba em nível alto se deu principalmente pelo agravamento das condições agropecuárias e ambientais. Destacamos que é justamente a partir do ano 2000 que os incentivos a caprinocultura ganham maior destaque na região. Isso significa que o superpastorejo aumentou, elevando a degradação da caatinga e contribuindo para o avanço da degradação em análise. Corroborando com estes resultados, Souza (2008) identifica que as altas taxas de lotação de caprinos em áreas de caatinga contribuem para o avanço deste processo em parte da área estudada no presente trabalho.

Essa influência do incentivo à caprinocultura como intervenção de forte relevância no estabelecimento ou avanço da desertificação está relacionado ao fato de que, as políticas públicas formuladas para o desenvolvimento desse setor econômico não tem considerado a relação entre o tamanho das propriedades, a quantidade do rebanho e a disponibilidade de alimento disponível para os animais, neste último caso, quer seja através do pasto nativo ou do pasto plantado, fatores esses aos quais acrescentaríamos a forma extensiva tradicional que ainda impera nesse tipo de pecuária.

Nesse sentido, a metodologia utilizada respondeu satisfatoriamente a análise do processo de desertificação na área de estudo, possibilitando a identificação dos níveis de intensidade da susceptibilidade e da ocorrência desse tipo de degradação ambiental no período analisado (1990-2010). Desse modo, recomenda-se a aplicação da metodologia utilizada para outras áreas também propensas a desertificação, a exemplo do Cariri Paraibano. Contudo, algumas questões devem ser elencadas, sobretudo a respeito da classificação final para a ocorrência da desertificação. Algumas áreas no ano 2000 e todas as áreas em 2010, onde foi registrado a ausência do processo de desertificação, são áreas que apresentaram redução ou estabilidade no que diz respeito à carga animal e a produção do carvão vegetal, todavia, a cobertura vegetal apresentou alto nível de deterioração, conforme verificado nos índices de propensão a desertificação.

Este resultado aponta para a necessidade de estudos futuros na área, que busque reforçar o sub-índice de degradação ambiental, onde recomenda-se a inserção de outros indicadores para avaliar a desertificação tais como áreas irrigadas salinizadas, encrostamento e compactação dos solos e, assoreamento. Para avaliar a propensão a desertificação

recomenda-se inserir indicadores de precipitação, evapotranspiração, profundidade dos solos e qualidade da água.

Por outro lado, a complexidade que envolve a problemática da desertificação, remete a alguns questionamentos que podem orientar estudos futuros, tais como;

- Quanto tempo leva uma área considerada desertificada para se recuperar?
- Tendo em vista ser a desertificação um tipo de degradação em estágio avançado que provoca no período de uma geração (25-30 anos), uma diminuição ou destruição irreversível do potencial biológico das terras conforme acredita a Mainguet (1992), poderia a curto prazo, uma área desertificada se tornar apenas degradada em função da estabilidade ou diminuição da pressão sobre os recursos naturais?
- Quais as características que devem apresentar uma área para ser considerada em processo de desertificação? Quais as classes de cobertura vegetal que deve ser consideradas nesta análise?

Mediante a complexidade que a problemática da desertificação envolve muitos são os questionamentos e as possibilidades para investigação são inúmeras. De um modo geral, diante dos indicadores e índices de desertificação abordados neste trabalho e com base na evolução temporal desses pode-se dizer que a Sub-bacia do Alto Paraíba vem passando por um processo de degradação ambiental/desertificação que ao longo dos anos vem se intensificando com o aumento de solos expostos e a diminuição da cobertura vegetal.

Diante do exposto, considera-se de fundamental importância o desenvolvimento de estudo futuro na área que envolva recortes espaciais menores, a exemplo dos setores censitários. Uma série temporal maior, que no mínimo tivesse início na década de 1980 seria interessante, o problema persiste em encontrar dados oficiais a nível de setor censitário e conseguir imagens de satélites de boa qualidade das primeiras décadas em análise. Isso certamente possibilitaria uma análise mais detalhada da problemática da desertificação no Alto Paraíba.

Outro problema que merece destaque no que diz respeito a análise multitemporal da desertificação na região do Alto Paraíba é o processo de municipalização do Cariri a partir da década de 1990. Essa foi a maior dificuldade encontrada na elaboração deste trabalho, a questão difícil de resolver consistiu no seguinte questionamento: Como espacializar num shapefile atual e comparar os dados se para os municípios emancipados recentemente, os dados estão disponíveis apenas para 2010 e 2006? A princípio a idéia foi repetir os dados dos

municípios mais antigos para os mais novos considerando a respectiva associação do município antes do desmembramento. Por exemplo, os dados de Serra Branca foram repetidos para Coxixola durante as décadas de 1970 a 1990. Contudo, pode-se perceber o quanto é falha esta alternativa, a começar pela dimensão territorial e o contingente populacional tão discrepante entre ambos os municípios. Desse modo houve um grande trabalho de rever todos os indicadores diante de uma segunda idéia. Não utilizar esta repetição de dados e verificar possíveis alterações na espacialização da susceptibilidade e ocorrência da desertificação. Não houve mudança de resultado na análise final por que a metodologia utilizada atribui um peso maior ao sub-índice da cobertura vegetal, os quais foram analisados com uma melhor coerência em cada período. Quanto aos indicadores sociais, agropecuários e econômicos a não alteração consiste no fato de que estes compõem o índice de desertificação considerando a piora ou melhora dos mesmos no tempo.

Para os novos trabalhos a serem desenvolvidos na região a proposta é compatibilizar o shapefile com os dados disponíveis para espacializar os indicadores. Neste trabalho não foi necessário devido a maneira como procede a metodologia utilizada, mas para espacializar os indicadores ou construir um índice por outro viés metodológico, este torna-se um procedimento imprescindível.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ABRAHAM, E.M. Recopilación y armonización de indicadores de desertificación.** Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na Américado Sul. IICA Brasil. 2004.

**AB'SABER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste brasileiro.** Geomorfologia, nº 19. São Paulo: IGEOG-USP, 1969.

**AB'SÁBER, A. N. O Domínio Morfoclimático das caatingas brasileiras.** São Paulo: IG/IGEUG, **Geomorfologia**, nº 19. São Paulo: IGEOG-USP, 1974.

**AGUIAR, W. e RIBEIRO COUTINHO, M. O. Elias Herckmans.** Descrição Geral da Capitania da Paraíba. João Pessoa: A União. 1982.

**ALVES, J. Secas dos séculos XVII e XVIII.** Revista Conviver Semi-Árido, Fortaleza, v. 1, n. 4, out./dez. p. 13-43, 2004.

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, K. S.; FEITOSA, P. H. C.; BARBOSA, M. P. **Sensoriamento Remoto e SIG na identificação de áreas em processo de desertificação no município de Serra Branca – PB: estudo de caso.** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: INPE, 21-26 abr. 2007, p. 4351-4356. Disponível em <<http://www.inpe.br/biblioteca/>>. Acesso 03 ago. 2007.

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

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 2 de abril de 2008.

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.

AUBRÉVILLE, A. **Climats, forêts et desertification de l'Afrique tropicale.** Paris: Société d'Editions Géographiques maritimes ET Coloniales, 1949.

BARBOSA, M. R. V. B.; LIMA, I. B.; LIMA, J. R.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F. A.; THOMAS, W. W. **Vegetação e flora no Cariri paraibano.** Oecol. Bras, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 313-322, 2007.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico.** Curitiba: Caderno de Ciências da Terra v13. São Paulo, 1972. IN: R.RA'EGA. Curitiba: Editora UFPR, n8, 2004, p.141-152.

BRASIL. **Levantamento Exploratório-Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/Sudene, 1972.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semiárido brasileiro.** Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br>. Acesso em: 10 maio de 2010.

**BRASIL. Programa de ação nacional de combate a desertificação em mitigação dos efeitos da seca PAN-Brasil.** Brasília : Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

**CÂMARA, G.; Monteiro, A. M.; Medeiros J. S.** Fundamentos Epistemológicos da Ciência da Geoinformação. In: **Introdução à Ciência da Geoinformação.** Livro on-line, INPE. 2000. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap5-epistemologia.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2005.

**CASTILLO, R.A Imagem de Satélite como Estatística da Paisagem: crítica a uma concepção reducionista da Geografia.** Ciência Geográfica, Bauru, vol. 1, n. 7, p.39-42, jan/abr. 2002.

**CASTRO, Cláudio M. L. de (2011).** Análise dos processos erosivos e as relações com as perdas aceitáveis de solos na Bacia do Alto-Paraíba/PB. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós- Graduação em Desenvolvimento e meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba (2011).

**CCD. Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação.** Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1994.

**CONTI, J. B. Desertificação nos trópicos – proposta de metodologia aplicada ao Nordeste brasileiro.** São Paulo, USP, FFLCH. Departamento de Geografia, 1995. Tese de Livre Docência.

**COSTA, J. J. D. Seca, pobreza e desertificação na Paraíba.** *Saeculum*– Revista de História. João Pessoa, n. 8/9, jan/dez, p. 117-142, 2002.

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

**CHRISTOFOLETTI, A.** *Modelagem de sistemas ambientais*. EdgardBlücher, São Paulo, 1999.

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

**EMBRAPA.****Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, D. G.; MELO, H. P.; RODRIGUES NETO, F. R.; NASCIMENTO, P. J. S. dos. **Avaliação do quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas.** In: CONFERÊNCIA NACIONAL DA DESERTIFICAÇÃO. Fortaleza – CE, 7 - 9 de março de 1994. Anais... Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil, 1996. p.7-56.

FERREIRA, L. F. G. **Raízes da indústria da seca:** o caso da Paraíba. João Pessoa. Editora da UFPB, 1993.

FITZ, P.R. 2008. **Geoprocessamento sem Complicação.** São Paulo, Ed. Oficina de Textos. 160p.

FURTADO, C.. **A Fantasia Desfeita.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

\_\_\_\_\_. **Seca e poder:** entrevista com Celso Furtado. Entrevistadores: Manoel Correia de Andrade, Maria da Conceição Tavares e Raimundo Pereira. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 1998.

GOMES DA SILVA, G. **A problemática da desertificação no ecossistema da caatinga do município de São João do Cariri.** 93 f. Monografia (Especialização em Desertificação) - UFPI, Teresina, 1993.

GUERRA, P. **A civilização da seca.** Fortaleza: DNOCS, 1981.

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 DESERT. **O que é desertificação?** 1994. Disponível em: <<http://www.desert.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 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.

**JOFFILY, I.** **Notas sobre a Parahyba.** Rio de Janeiro: Typographia do Jornal do Commercio, 1892.

**KAZMIERCZAK, M. L.** **Desenvolvimento de um algoritmo para modelar a susceptibilidade de desertificação no Nordeste do Brasil.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9. Santos, 11-18 de setembro, 1998. **Anais...** São José dos Campos, INPE/SELPER, 1998. 1CD.

**LE HOUÉROU, H. N.** **Ecologie et desertization en Afrique.** Travaux de l'Intitut Geographique de Reims, 1978.

**LUETZELBURG, P. V.** **Estudo botânico do Nordeste.** 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas/IFOCS, v. 2, 1922.

**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.

**MATALLO Jr., H.** **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas.** v. 2. Brasília: UNESCO. Série Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2001.

**MAINQUET, M.** **Desertification: quels sont les vrais problèmes.** L'Information Geographique, Paris, 1994.

**MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L.** Radiometric Properties of U.S. processes Landsat MSS data. **RemoteSensing 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.

**MMA.** Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga.** Recife : Ed. da UFPE, Conservation International do Brasil e Fundação Biodiversitas, Brasília, 2002.

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto/GeoUSP. (Novas abordagens 3). 2000. 127p.

MOREIRA, E. ; TARGINO, I. **Capítulos de Geografia Agrária da Paraíba.** João Pessoa: Ed. UFPB, 1996.

NASCIMENTO, F. R. de & SAMPAIO. J. L. F. ‘**Geografia Física, geossistemas e estudos integrados da paisagem**’ in Revista da Casa da Geografia de Sobral, vol.6/7, no.1. 2005. pp. 167-178.

NEVES, F. C. **Getúlio e a seca: políticas emergenciais na era Vargas.** Revista Brasileira de História. São Paulo, v. 21, n. 40, p. 107-129, 2001.

NIMER, E. **Subsídio ao plano de ação mundial para combater a desertificação: programa das Nações Unidas.** Revista Bras. de Geografia. Rio de Janeiro, 42 (3), 1980 p. 612-37.

OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C. de; SAITO, C. H.; GALVÃO, W. S. **Análise multitemporal da cobertura e do uso do solo na área core de degradação do Núcleo de desertificação de Gilbués – PI.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 8. Belo Horizonte, 25 –31 out. 1999. Anais... resumos. Belo Horizonte, UFMG/Fundação Educacional de Caratinga, 1999. v.1. p. 179-181.

**PAN BRASIL. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília – DF. p. 213. 2005.

Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Secas. **PAE – PARAIBA”.** Disponível em: [www.aesa.pb.gov.br/trabalhosTecnicos/trabalhos/arquivos/Relatório\\_Preliminar\\_15\\_PAЕ\\_PB\\_15\\_Set\\_2011.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/trabalhosTecnicos/trabalhos/arquivos/Relatório_Preliminar_15_PAЕ_PB_15_Set_2011.pdf).

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia de poder.** São Paulo: Ática, 1993.

ROCHETTE, R.M. **Le Sahel en lutte contre La désertification: leçons d' expériences.** Comité Inter.-États de lutte contre La sécheresse au Sahel, CILSS. Magraf. Weikeiersheim. 1989.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. A. A vegetação do bioma caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B. A.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Ed.). **Vegetação e flora na caatinga.** Recife: PNE/CNIP, p. 11-34, 2002.

RODRIGUES, V., OLIVEIRA-GALVÃO, A. L. C. de, GALVÃO, W. S. **Identificação de áreas susceptíveis ao processo de Desertificação na Região Nordeste brasileira; segundo critérios de classificação de níveis de aridez.** Brasília, IBAMA, 1993. 23p.

ROMERO, A. G.. JIMÉNEZ, J. M. **El paisaje em el Âmbito de La Geografia.** Cidade do México: Instituto de Geografia. 2002. 137 p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:ambiente e planejamento.** 7. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

RUBIO, J. L.; BOCHET, E. **Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe.** Journal of Arid Environments, v. 39, p. 113-120, 1998.

\_\_\_\_\_. **European indicators of desertification risks.** Valencia, Centro de Investigaciones sobre Desertification. Disponível e <<http://hoin: epage.tinet.ie/~jcastle/etc/desrtind.htm>> Acesso em 2 ago. 1999.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.** Recife, v. 22, n. 01, p. 93-113, 2005.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, S.B.; SAMPAIO, G.R. **Desertificação no Brasil.** Recife: Editora Universitária UFPE. 2003. 202 p.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo. Razão e Emoção.** 2.ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

SEBRAE-PB. Disponível em: [htt://WWW.sebraepb.com.br](http://WWW.sebraepb.com.br). Acesso em 02 de abril de 2013.

SIDRA/IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática.** Disponível em: [www.sida.ibge.gov.br](http://www.sida.ibge.gov.br) Acesso em: 01 de junho de 2012.

SILVA, R. M.; CAMPOS, S. M. F.; SANTOS, C. A. G. Erosividade da chuva e desertificação no semi-árido paraibano. MOREIRA (Org.). *Agricultura familiar e desertificação.* João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, p. 291-300, 2006.

SOTCHAVA, V.B. **O estudo dos geossistemas.** Método em Questão nº16, IGEOGSPP, São Paulo, 1977.

SOUZA, M. L. O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 77-116, 1995.

SOUZA, A. G. de; WHITFORD, W. G.; HERRICK, J. E.; VAN ZEE, J. W.; HAVSTAD, K. M. **Early warning indicators of desertification: examples of tests in the Chinavahuan Desert**. Journal of Arid Environments, v. 39, p. 101-112, 1998.

SOUZA, B. I. **Contribuição ao estudo da desertificação na bacia do Taperoá-PB**. 120 f. Dissertação de Mestrado. PRODEMA/UFPB, João Pessoa, 1999.

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

SOUZA, Marcos Barros de, e MARIANO, Zilda de Fátima. **Geografia Física e a Questão Ambiental no Brasil**. GEOUSP- Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 23, PP. 77-98,2008.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico uno e múltiplo. Suertegaray, D. M. A.; BASSO, L. A.; VERDUM, R. (Orgs.) **Ambiente e Lugar no Urbano: a Grande Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2000.

TAVARES DE MELO, S. **Desertificação: etimologia, conceitos, causas e indicadores**. Revista da UNIPÊ 2 (2). João Pessoa: UNIPÊ, 1998, p.19-33.

TERCEIRO NETO, D. **Taperoá**: crônica para a sua história. João Pessoa: Ed. da UNIPÊ, 2002.

THORNTHWAITE, C.W. **An approach toward a rational classification of climate**. The Geographical Review, n. 38, p. 55-94, 1948.

TRICART, J. Ecocinâmica. Rio de Janeiro, RJ. 1977. 91p.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of action to combat desertification**. Nairobi, 1991.

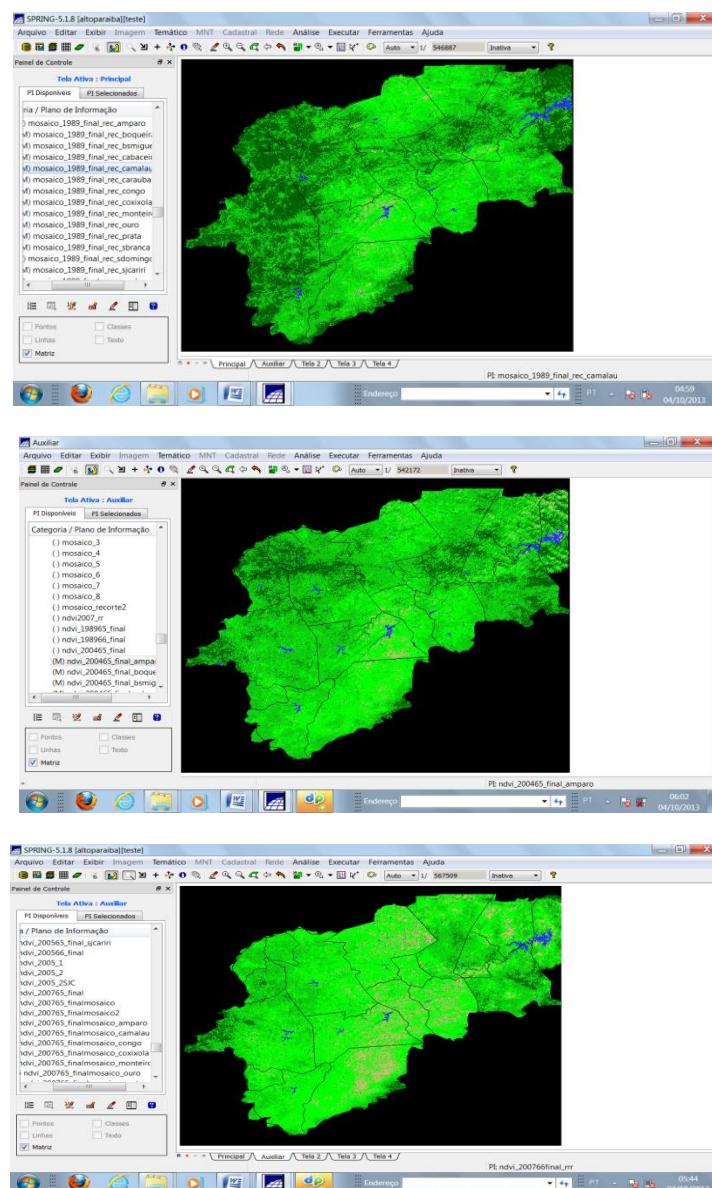
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ / INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. (UFPi/IBAMA). **Ocorrência dos processos de desertificação no Nordeste brasileiro**; primeira aproximação. Fortaleza, ICID, 1992a.1 Mapa. Escala :2.500.000.

UNITEDNATIONS. Convention to Combat Desertification. Disponível  
[www.unccd.int/convention/text/convention.php](http://www.unccd.int/convention/text/convention.php). 2001. Acesso em 20 de maio de 2012.

VILA, M. A. **Vida e morte no sertão:** história das secas no Nordeste nos séculos XIX e XX. São Paulo: Ática, 2001.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge, CARVALHO FILHO, Luís M. **Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica.** São Paulo, Anais da IV Conferência Latino Americana sobre Sistemas de Informação Geográfica, 2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1993. p. 609-629.

**APÊNDICE A – Recorte do NDVI por município na Sub-bacia do Alto Paraíba (1989, 2004 e 2007).**



**APÊNDICE B – Quadro Socioeconômico por município na Sub-bacia do Alto Paraíba (1990-2010).**

Município	Quadro socioeconômico dos municípios da Sub-bacia do Alto Paraíba na década de 1990								
	Área km <sup>2</sup>	Nº de habitantes	% da pop. rural	Dens.d emogr áfica	IDH	% de Analfabetismo	% de PN	(R\$) RN MM	% da PRE A
<b>Barra de São Miguel</b>	385	5.045	71,5	13.26	0,247	42,8	26,3	0,41	2,7
<b>Boqueirão</b>	1257	33.255	60,6	26,44	0,312	46,5	14,4	0,41	6,8
<b>Cabaceiras</b>	1127	6.180	67,8	5,49	0,352	34,5	10,6	0,37	2,0
<b>Camalaú</b>	674	5.549	64,2	8,22	0,328	47,0	15,1	0,29	4,0
<b>Congo</b>	354	4.367	67,5	12,35	0,271	43,9	4,0	0,29	4,3
<b>Monteiro</b>	1053	27.052	45,8	25,68	0,341	46,3	19,0	0,39	5,7
<b>Ouro Velho</b>	177	2.826	43,6	15,95	0,32	41,9	24,8	0,25	2,5
<b>Prata</b>	208	3.311	41,6	15,96	0,308	42,4	20,3	0,25	2,7
<b>São João do Cariri</b>	1061	7.537	70,6	7,1	0,349	40,0	13,2	0,37	1,6
<b>São João do Tigre</b>	558	4.146	77,5	7,44	0,264	52,17	11,9	0,18	3,7
<b>S. S. do Umbuzeiro</b>	732	4.448	46,6	6,08	0,322	47,9	27,9	0,36	2,0
<b>Serra Branca</b>	1034	13.595	43,8	13,25	0,346	36,2	22,6	0,43	2,5
<b>Sumé</b>	864	17.230	40,1	19,95	0,349	41,5	27,4	0,37	2,6

Fonte: IBGE/Censo Demográfico (1990).

Município	Quadro socioeconômico dos municípios da Sub-bacia do Alto Paraíba na década de 2000								
	Área km <sup>2</sup>	Nº de habitantes	% da pop. rural	Dens.d emogr áfica	IDH	% de Analfabetismo	% de PN	(R\$) RNMM	% da PREA
<b>Amparo</b>	126	1886	67,2	14,98	0,392	31,6	7,8	399.25	0,5
<b>Barra de São Miguel</b>	579,8	5162	59,7	8,91	0,429	29,0	8,0	275.99	1,7
<b>Boqueirão</b>	394,8	15867	29,8	40,21	0,43	31,1	5,6	383.78	1,4
<b>Cabaceiras</b>	405,4	4290	59,0	10,6	0,47	19,4	5,2	396.78	2,0
<b>Camalaú</b>	669,5	5516	57,3	8,24	0,405	36,0	4,5	275.19	5,0
<b>Caraúbas</b>	436,8	3401	68,4	7,79	0,44	26,7	6,6	358.09	0,9
<b>Congo</b>	328,4	4602	52,7	13,26	0,441	32,6	7,9	316.34	4,6
<b>Coxixola</b>	113,2	1422	58,6	12,54	0,432	24,2	3,7	317.13	0,51
<b>Monteiro</b>	1005,7	27687	39,8	27,53	0,452	31,8	9,4	426.26	5,2
<b>Ouro Velho</b>	166,2	2823	32,5	16,98	0,461	26,0	8,1	341.46	2,2
Município	Quadro socioeconômico dos municípios da Sub-bacia do Alto Paraíba na década de 2000 (continuação)								
	Área km <sup>2</sup>	Nº de habitantes	% da pop. rural	Dens.d emogr áfica	IDH	% de Analfabetismo	% de PN	(R\$) RNM M	% da PREA
<b>Prata</b>	175,4	3.425	35,3	19,53	0,434	32,3	10,9	381.96	2,9

<b>São D. do Cariri</b>	238.8	2.189	64,4	9.15	0.493	26,5	4,5	450.21	1,3
<b>São João do Cariri</b>	697.6	4.703	57,6	6.73	0.463	23,4	3,3	396.28	1,3
<b>São João do Tigre</b>	686.4	4.481	72,4	6.49	0.369	40,2	9,3	249.02	3,1
<b>S. S. do Umbuzeiro</b>	425.6	2.894	37,5	6.79	0.453	35,5	11,8	306.51	1,2
<b>Serra Branca</b>	701.7	12.275	35,3	17.49	0.476	24,5	4,3	412.18	2,3
<b>Sumé</b>	839.7	15.035	27,7	17.89	0.469	27,2	7,2	360.98	1,9
<b>Zabelê</b>	686.4	1.853	36,0	6.49	0.484	31,6	12,8	305.91	0,7

Fonte: IBGE/Censo Demográfico (2000).

Município	Quadro socioeconômico dos municípios da Sub-bacia do Alto Paraíba na década de 2010								
	Área km <sup>2</sup>	Nº de habitantes	% da pop. rural	Dens.d emogr áfica	IDH	% de Analfabetismo	% de PN	(R\$) RNMM	% da PRE A
<b>Amparo</b>	121.984	2.088	67,18	17,1	0.606	19,0	12,9	757.72	8,2
<b>Barra de São Miguel</b>	595.211	5.611	59,71	9,4	0.572	21,5	15,0	1057.13	3,3
<b>Boqueirão</b>	371.984	16.888	29,79	45,4	0.607	22,0	5,0	1114.08	9,8
<b>Cabaceiras</b>	452.922	5.035	58,97	11,1	0.611	16,4	4,5	953.17	3,0
<b>Camalaú</b>	543.688	5.749	57,27	10,6	0.567	26,7	7,1	768.82	6,4
<b>Caraúbas</b>	497.204	3.899	68,42	7,9	0.585	17,8	8,9	983.45	3,6
<b>Congo</b>	333.471	4.687	52,72	14,0	0.571	26,4	6,7	868	3,2
<b>Coxixola</b>	169.878	1.771	58,58	10,4	0.641	19,4	7,5	935.5	3,9
<b>Monteiro</b>	986.356	30.852	39,74	31,3	0.628	24,9	11,9	1271.29	6,9
<b>Ouro Velho</b>	129.400	2.928	32,5	22,6	0.614	20,9	14,5	979.99	3,9
<b>Prata</b>	192.011	3.854	35,3	20,0	0.608	21,6	12,1	920.9	3,9
<b>São D. do Cariri</b>	218.801	2.420	64,4	11,0	0.589	21,7	7,1	1163.11	6,1
<b>São João do Cariri</b>	653.602	4.344	57,6	6,7	0.622	17,4	2,4	1257.69	2,1
<b>São João do Tigre</b>	816.116	4.396	72,4	5,4	0.552	32,2	17,8	670.64	2,5
<b>S. S. do Umbuzeiro</b>	460.573	3.235	37,5	7,0	0.581	22,8	18,8	830.83	3,0
<b>Serra Branca</b>	686.915	12.973	35,3	11,9	0.627	18,2	7,6	1059.7	4,0
<b>Sumé</b>	838.071	16.060	27,7	19,2	0.628	23,7	9,8	1045.22	4,2
<b>Zabelê</b>	109.394	2.075	36,0	19,0	0.623	20,9	13,9	854.55	4,2

Fonte: IBGE/Censo Demográfico (2010).Legenda - PN: Pessoas não naturais do município.

RNMM:Rendimento Nominal Médio Mensal Domiciliar. PREA: População Rural Economicamente Ativa.