



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

MÔNICA LARISSA AIRES DE MACÊDO

**ANÁLISE ESTATÍSTICA E GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DOS
INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO NOS “CARIRIS VELHOS”- PB**

JOÃO PESSOA
Março/2015

MÔNICA LARISSA AIRES DE MACÊDO

ANÁLISE ESTATÍSTICA E GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DOS
INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO NOS “CARIRIS VELHOS”-PB

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 e coorientação do Professor Dr. Bartolomeu Israel de Sousa.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.
Linha de Pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

JOÃO PESSOA
Março/2015

M141a Macêdo, Mônica Larissa Aires de.
Análise estatística e geotecnologias no estudo dos
indicadores de desertificação nos Cariris Velhos - Pb / Mônica
Larissa Aires de Macêdo.- João Pessoa, 2015.
134f. : il.
Orientador: Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Coorientador: Bartolomeu Israel de Souza
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN
1. Geografia regional. 2. Análise multivariada. 3. Imagens
Landsat TM. 4. Vegetação. 5. Temperatura da superfície.
6. Caatinga - degradação.

UFPB/BC

CDU: 913(043)

“Análise Estatística e Geotecnologias no Estudo dos Indicadores de Desertificação nos “Cariris Velhos”-PB”

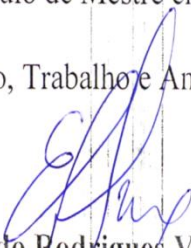
por

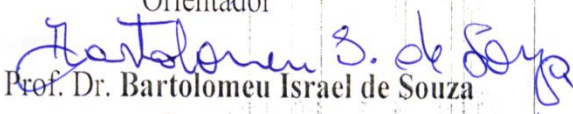
Mônica Larissa Aires de Macêdo


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:


Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Orientador


Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza
Co-orientador


Prof. Dr. Richarde Marques da Silva
Examinador interno


Prof.ª Dr.ª Celia Campos Braga
Examinadora externa

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

Março/2015

Aos meus pais Geciene e Severino Ramos, e
irmãos Bruno e Laura, que sempre estiveram
ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

É muito bom poder contar com pessoas que estão dispostas a nos ajudar. Demonstrando carinho, com palavras de conforto, afeto e com outros gestos e atitudes que nem elas mesmas sabem o quanto nos ajudou. Nessa difícil, cansativa e muitíssimo prazerosa empreitada acadêmica eu pude enxergar o quanto estes atos são importantes. A essas pessoas eu expresso os meus sinceros agradecimentos.

À minha família que sempre esteve tão presente. Ao meu pai, Severino, pelo exemplo que trago comigo do que é ser pai de verdade e a mãe maravilhosa que tenho. Sempre preocupada, carinhosa, com palavras de entusiasmo, me dizendo que tudo é possível, desde que seja feito com força de vontade, honestidade e acima de tudo, com Deus nos guiando em nossas decisões. A Bruno, querido irmão, por ser meu amigo em todas as horas, companheiro, sempre de bom humor e de prontidão para me dar força em qualquer situação. À Laura (Laurinha) irmã que apesar da idade me ensinou demasiadamente.

Ao meu avô, Geraldo, pelos ensinamentos e pela felicidade que ficou quando soube que escolhi como área de estudo o cariri que ele tanto ama. À minha avó Elizete pela sua sabedoria e ensinamentos.

Ao meu orientador Eduardo Rodrigues Viana de Lima, pelo amigo que sempre foi, pelo exemplo de ser humano, que com sua educação impecável nos mostra como é bonita a simplicidade e a gentileza. Agradeço imensamente por ter me aceitado como sua orientanda e ter acreditado no meu trabalho. Serei grata sempre.

Ao professor coorientador Bartolomeu Israel de Souza pelas considerações feitas e coorientação da pesquisa.

Ao grande amigo e parça Ivanildo, figura singular, a quem tive a honra de conhecer no início da minha jornada geográfica.

A Sebastiana e a Priscila por estarem presentes nas preliminares da pesquisa.

A David, amigo irmão que ganhei durante o mestrado. Sempre a postos para me ajudar e me ouvir.

À Otávia, querida amiga, parceira de campo e de boas conversas.

À Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante os meses em que me dediquei ao mestrado.

Aos que fazem parte do GESA pela companhia nos trabalhos de campo e por outras colaborações.

Ao João Villa e Jose Ruy, pesquisadores da Embrapa Informática Agropecuária, na Unicamp, por me receberem de forma tão agradável e tirarem minhas dúvidas e elucidações.

À Jessica e Jamerson, colegas de viagem e a turma do mestrado 2013.

Ao professor Anieres Barbosa da Silva pelas contribuições, sugestões de leitura e por empréstimos de livros.

Ao professor Richarde pelas contribuições dadas à minha pesquisa.

À atenciosa Sônia (Soninha) que esteve sempre disposta a ajudar com toda a sua calma.

Aos professores da Pós-Graduação em Geografia da UFPB e à professora Célia Campos Braga da Unidade de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (UACA-UFCG) pelo conhecimento transmitido.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente nesta minha caminhada.

Muito obrigada!

Dedos no leme e olhos no horizonte, descobri a alegria de transformar distâncias em tempo. Um tempo que aprendi a entender as coisas do mar, a conversar com as grandes ondas e não discutir com o mal tempo. A transformar o medo em respeito, o respeito em confiança. Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso antes de mais nada querer.

(Amyr Klink)

RESUMO

As práticas de uso e ocupação do solo geram processos de degradação intensa e em regiões semiáridas podem culminar na desertificação. Na Paraíba, uma das áreas representativas desse processo é a delimitação denominada de Cariris Velhos. Através de uma análise multitemporal, com o auxílio de algumas técnicas estatísticas e das geotecnologias, foi possível realizar algumas análises e diagnosticar o quadro da desertificação. Foram utilizadas análises descritivas, teste não paramétrico e a técnica da estatística multivariada: análise fatorial em componentes principais. Utilizou-se a precipitação pluviométrica que revelou três padrões importantes que explicaram cerca de 70% da variabilidade dos dados cada, expondo a forma como a chuva ocorreu para os anos das imagens, tornando visíveis períodos chuvosos, secos e de transição. Pôde-se comprovar a fragilidade edafoclimática existente e a forte relação com as anomalias climáticas (El Niño e La Niña) provocadas por sistemas meteorológicos. O segundo aspecto a ser analisado foi a cobertura vegetal, definida em diferentes estratos, e a temperatura da superfície. Foram selecionados três recortes temporais para compor esses aspectos: imagens da década de 80 (1989, 1985), da década de 90 (1990 e 1995) e dos anos 2000 (2004, 2005 e 2007). O processamento das imagens foi feito com parte do algoritmo SEBAL onde foram determinados o SAVI, o IAF e a Temperatura da Superfície. Foram gerados o SAVI e IAF, entretanto, devido a poucos trabalhos realizados com o IAF para o semiárido considerou-se utilizá-lo. Os resultados mostraram que os estratos de vegetação diminuíram gradativamente, passando para um estágio moderado para muito grave, com coeficientes de variação (56%, 78,75% e 84%) pouco representativos, comprovando a diversidade de paisagens. Boa parte dos municípios, no último recorte, já apresentava, em sua maioria, mais de 50% dos valores dos pixels presentes nas classes de solo exposto, isto é, com degradação acentuada, comprovando forte evidencia de desertificação. Com o desmatamento, a temperatura da superfície aumentou significativamente passando a configurar um maior número de pixels presentes em classes superiores aos 30°C. Este fator, aliado ao quadro de chuvas, dificulta o desenvolvimento e a propagação de espécies, uma vez que a dispersão das sementes se dá por anemocoria, o que diminui a biodiversidade da caatinga. Em relação aos aspectos agropecuários, econômicos e sociais, foram revelados três perfis, para cada recorte, mostrando os indicadores mais importantes em cada um. Com isso, observou-se que entre 1980 e 1995, a população dependia mais da terra, de forma que uma piora no quadro físico, na diminuição no quadro de chuvas, diminuía a produção, refletindo diretamente no econômico e no social e deste modo na população. Entre 2000 e 2010, os incentivos governamentais contribuíram para a melhora desses aspectos de forma que eles passaram a não contribuir, diretamente, para o processo de desertificação, configurando um menor impacto (peso) na análise. Neste caso, a degradação é mais proveniente do aspecto agropecuário, tendo como exemplo o incentivo a caprinocultura e a extração da madeira para o polo gesso de Pernambuco, em alguns municípios dos Cariris Velhos.

Palavras-chave: Análise Multivariada. Imagens Landsat TM. Vegetação. Temperatura da Superfície. Caatinga. Degradação.

ABSTRACT

The practices of soil usage and occupation generate severe deterioration processes and in semiarid areas may result in desertification. In Paraíba, one of the areas representing this process is the one named “Cariris Velhos”. Through a multitemporal analysis, aided by statistical techniques and geotechnologies, it was possible to carry out some analysis and to diagnose the desertification state. Descriptive analysis, non-parametric test and multivariate statistics techniques were used. The precipitation was used and revealed three important patterns that explain about 70% of data variability, exposing how the rainfall occurred in the years of the images, making visible the rainy occurred, drought and transitioning periods. It was possible to confirm the edaphoclimatic frailty existent and the strong correlation with the climate anomalies (El Niño and La Niña) caused by meteorological systems. The second aspect to be analyzed was the vegetation coverage, defined in different strata and surface temperature. Three timed clippings were selected to compose these aspects: images from the 80's (1989, 1985), from the 90's (1990 and 1995) and of the 2000 years (2004, 2005 and 2007). The images processing was done with part of algorithm SEBAL which were determined SAVI, IAF and Surface Temperature. SAVI and IAF were obtained, however, owing few studies with IAF for semiarid was decided to used. The results have shown that the vegetation strata diminished gradually, from a moderate stage to a severe one, with coefficient of variation (56%, 78,75% e 84%) unrepresentative, proving the diversity of landscapes. A significant amount of municipalities, on the last clipping, already presented, in its majority, more than 50% of values of the pixels presented in the classes of exposed soil, that is, with accentuated deterioration, proving strong evidence of desertification. With the deforestation, the surface temperature increased significantly configuring a higher number of pixels presented in classes superior to 30°C. This factor, allied to the rainfall, hampers the development and spreading of species, since seed dispersal is by anemochory, diminishing the biodiversity of the caatinga. Concerning the agricultural, economic and social aspects, three profiles were revealed for each clipping, showing the most important indicators on each one. With this, it was observed that between 1980 and 1995, the population was more dependent of the land, in a way that when there was a worsening in the physical plan, a diminishing in the rainfall, the production also diminished, directly affecting social and economically the population. Between 2000 and 2010, the governmental incentives contribute to an improvement of these aspects so that they did not contribute, not directly, for the process of desertification, configuring a smaller impact (weight) on the analysis. In this case, the deterioration is originated from the agricultural aspect, being an example the incentive to the goatrearing and wood extraction to the plaster polo of Pernambuco in some municipalities of the “Cariris Velhos” region.

Key words: Multivariate Analysis. Multitemporal Change. Vegetation. Surface Temperature. Caatinga; Degradation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura geral de um SIG.....	31
Figura 2 – Áreas com risco à desertificação.....	34
Figura 3 – Mapa de Localização do alto curso do rio Paraíba.....	43
Figura 4 – Interpretação geométrica da análise fatorial.....	47
Figura 5 – Etapas destinadas à obtenção dos produtos gerados (NDVI, SAVI, IAF e TSUP) a partir das imagens selecionadas com parte da rotina SEBAL.....	53
Figura 6 – Esquematização da desertificação.....	58
Figura 7 – Roteiro metodológico.....	61
Figura 8 – Resultado dos padrões espaciais da precipitação do primeiro fator (mais explicativo) temporal, obtidos pela análise fatorial em componentes principais (ACP) (a) Recorte temporal de 80; (b) Recorte temporal de 90; (c) Recorte temporal de 2000.....	66
Figura 9 – Resultado dos padrões espaciais da precipitação do segundo fator (mais explicativo) temporal, obtidos pela análise fatorial em componentes principais (ACP) (a) Recorte temporal de 80; (b) Recorte temporal de 90; (c) Recorte temporal de 2000.....	69
Figura 10 - Resultado dos padrões espaciais da precipitação do terceiro fator (mais explicativo) temporal, obtidos pela análise fatorial em componentes principais (ACP) (a) Recorte temporal de 80; (b) Recorte temporal de 90; (c) Recorte temporal de 2000.....	71
Figura 11 – Açude público Epitácio Pessoa.....	74
Figura 12 – Rio Taperoá.....	74
Figura 13 – Desvios da precipitação calculados a partir dos dados coletados na Bacia Experimental de São João do Cariri.....	74
Figura 14 – Mapas temáticos de SAVI para (a) Recorte temporal da década de 80, (b) Recorte temporal da década de 90 e (c) Recorte temporal da década de 2000 nos Cariris Velhos.....	78
Figura 15 – Mapas temáticos de SAVI para (a) Recorte temporal da década de 80, (b) Recorte temporal da década de 90 e (c) Recorte temporal da década de 2000 nos Cariris Velhos.....	79
Figura 16 – Caatinga arbóreo - arbustiva fechada nas proximidades do distrito de Pindurão durante a estação chuvosa.....	81
Figura 17 – Caatinga arbóreo - arbustiva fechada próxima a afloramento rochoso.....	81
Figura 18 – Caatinga arbóreo - arbustiva fechada na APA das onças.....	81
Figura 19 – Remanescentes de jatobá no sopé do lajedo e mais a frente o predomínio da algaroba (<i>Prosopis juliflora</i>).....	82

Figura 20 – Caatinga arbustivo arbórea fechada.....	83
Figura 21 – Caatinga arbustivo arbórea fechada.....	83
Figura 22 – Forno utilizado na fabricação do carvão vegetal.....	83
Figura 23 – Caatinga arbustiva fechada (setas vermelhas).....	84
Figura 24 – Caatinga arbustiva fechada.....	84
Figura 25 – Caatinga arbustiva semiaberta em área de pasto.....	85
Figura 26 – Caatinga arbustiva semiaberta e área de cultivo de milho e feijão.....	85
Figura 27 – Área degradada próximo a caatinga arbustiva aberta.....	86
Figura 28 – Área de pasto destinada ao gado bovino e caprino.....	87
Figura 29 – Preparo do solo -brocagem- para o plantio de culturas de milho e feijão.....	87
Figura 30 – Batólitos (Lajedo do Pai Mateus).....	87
Figura 31 – Caatinga arbustivo-arbórea fechada.....	87
Figura 32 – Catingueira em área de solo exposto.....	90
Figura 33 – Mapas temáticos da Temperatura da Superfície para (a) Recorte temporal da década de 80, (b) Recorte temporal da década de 90 e (c) Recorte temporal da década de 2000 nos Cariris Velhos.....	91
Figura 34 – Box plot para as temperaturas mensais de solo, em ° C, para as profundidades de 2 e 5 centímetros, na Bacia Experimental de São João do Cariri. (a) Profundidade 2 centímetros; (b) Profundidade 5 centímetros.....	95
Figura 35 – Mapa síntese dos níveis de susceptibilidade a desertificação em relação aos fatores sociais e econômicos para o primeiro recorte estabelecido.....	108
Figura 36 – Mapa síntese dos níveis de susceptibilidade a desertificação em relação aos fatores sociais e econômicos para o segundo recorte estabelecido.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Porcentagem dos valores dos pixels relacionados com as classes de solo exposto para os municípios inseridos nos Cariris Velhos para o período estudado.....	96
Quadro 2 – Importância dos indicadores em relação aos fatores.....	100
Quadro 3 – Índice de crescimento dos estabelecimentos agropecuários entre 1980 e 1985.....	103
Quadro 4 – Taxa de crescimento dos rebanhos entre 1980 e 1985.....	104
Quadro 5 – Taxa de crescimento do IDHM e do Analfabetismo entre 1980 e 1991.....	105
Quadro 6 – Quadro síntese do primeiro perfil analisado para os Cariris Velhos a partir da análise fatorial em componentes principais.....	106
Quadro 7 – Importância dos indicadores em relação aos fatores.....	110
Quadro 8 – Taxa de crescimento do IDHM e do Analfabetismo entre 2000 e 2010.....	113
Quadro 9 – Taxa de crescimento da situação rural e densidade demográfica entre 2000 e 2010.....	114
Quadro 10 – Índice de Gini dos municípios estudados.....	115
Quadro 11 – Quadro síntese do primeiro perfil analisado para os Cariris Velhos a partir da análise fatorial em componentes principais.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais autores e obras publicadas no contexto da Nova Geografia.....	24
Tabela 2 – Causas da desertificação.....	38
Tabela 3 – Consequências da desertificação.....	39
Tabela 4 – Tipos de informações consideradas para a coleta de indicadores.....	49
Tabela 5 – Datas das imagens Landsat TM 5 e parâmetros utilizados na determinação da calibração radiométrica.....	51
Tabela 6 – Descrição das bandas do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5 com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).....	52
Tabela 7 – Relação das tipologias da vegetação, de acordo com Sousa (2008), com as classes dos índices de vegetação (IAF e SAVI) e da Temperatura da Superfície (Tsup).....	56
Tabela 8 – Informações coletadas do IBGE.....	57
Tabela 9- Níveis de susceptibilidade a desertificação enquadrados pelas classes de solo exposto nos CV.....	59
Tabela 10 – Classificação atribuída aos municípios em relação aos perfis encontrados a partir da análise em componentes principais.....	59
Tabela 11 – Análise da quebra da série a partir do teste de Pettit para precipitação pluviométrica na Bacia experimental de São João do Cariri.....	72
Tabela 12 – Intensidades de ocorrência do El Niño e do La Niña nos anos das imagens analisados.....	73
Tabela 13 – Frequência relativa e parâmetros calculados dos valores estimados para o IAF (m^2m^{-2}) e tipologia da vegetação definidas para os três recortes estudados.....	80
Tabela 14 – Frequência relativa e parâmetros calculados dos valores estimados para a Temperatura da Superfície ($^{\circ}C$) e tipologia da vegetação definidas para os três recortes estudados.....	88
Tabela 15 – Estatísticas descritivas mensais, maiores e menores médias e ano de ocorrência para as temperaturas de solo, medidas pelos geotermômetros, para a profundidade 2 centímetros, do período de 1987 a 2011, para São João do Tigre.....	92
Tabela 16 – Estatísticas descritivas mensais, maiores e menores médias e ano de ocorrência para as temperaturas de solo, medidas pelos geotermômetros, para a profundidade 5 centímetros, do período de 1987 a 2011, para São João do Tigre.....	93

Tabela 16 – Estatísticas descritivas mensais, maiores e menores médias e ano de ocorrência para as temperaturas de solo, medidas pelos geotermômetros, para a profundidade 2 centímetros, do período de 1987 a 2011, para São João do Cariri.....	93
Tabela 17 - Temperatura da Superfície estimada a partir das imagens do Landsat 5 pelas imagens e Temperatura medida pelos geotermômetros na profundidade 2 e 5 centímetros para o horário das 9h.....	94
Tabela 18 – Níveis de susceptibilidade a desertificação enquadrados pelas classes de solo exposto nos CV.....	97
Tabela 18 – Resultados encontrados (Autovalores, % da variância e % da variância acumulada) para a extração de fatores componentes mais explicativas definidas a partir dos censos demográfico e agropecuário de 1980, 1985, 1990 e 1995.....	98
Tabela 19 – Resultados encontrados (autovalores, % da variância e % da variância acumulada) para a extração de fatores componentes mais explicativas definidas a partir dos censos demográfico e agropecuário de 2000, 2010 e 2006.....	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Normais climatológicas mensais acumuladas da precipitação e médias da temperatura entre 1961-1990 na estação meteorológica de Monteiro-PB.....	45
Gráfico 2 – Séries temporais das cargas fatorais (correlações) para o primeiro fator comum da precipitação, em modo T, explicando 27,88%, 24% e 23 % da variância nos Cariris Velhos para os três recortes temporais estudados.....	65
Gráfico 3 – Séries temporais das cargas fatorais (correlações) para o primeiro fator comum da precipitação, em modo T, explicando 20,5%, 23% e 21,6 % da variância nos Cariris Velhos para os três recortes temporais estudados.....	67
Gráfico 4 – Séries temporais das cargas fatorais (correlações) para o primeiro fator comum da precipitação, em modo T, explicando 20%, 16% e 15 % da variância nos Cariris Velhos para os três recortes temporais estudados.....	70
Gráfico 5 – Coordenadas dos indicadores utilizados no círculo de correlações unitário projetado no primeiro plano do primeiro e do segundo eixo fatorial para os censos demográfico e agropecuário de 1980, 1985, 1990 e 1995.....	100
Gráfico 6 – Cargas fatoriais (correlações) para os três fatores comuns dos aspectos sociais, econômicos e agropecuários explicando 36, 14%, 20%, 17% da variância dos dados.....	101
Gráfico 7 – Quantidade de milho e feijão produzida entre 1980 e 1985.....	102
Gráfico 8 – Coordenadas dos indicadores utilizados no círculo de correlações unitário projetado no primeiro plano do primeiro e do segundo eixo fatorial para os censos demográfico e Agropecuário de 2000, 2010 e 2006.....	110
Gráfico 9 – Cargas fatoriais (correlações) para os primeiros fatores comuns dos aspectos sociais, econômicos e agropecuários explicando 41,31%, 20%, 15% dos dados.....	111
Gráfico 10 – Cargas fatoriais (correlações) para os primeiros fatores comuns dos aspectos sociais, econômicos e agropecuários explicando 41,31%, 20%, 15% dos dados.....	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Áreas Susceptíveis a Desertificação	ASD
Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba	AESA
Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural	CNPq
Conselho Nacional de Meio Ambiente	CONAMA
Cariris Velhos	CV
Departamento Nacional de Obras Contra as Secas	DNOCS
Declaração do Semiárido	DAS
El Niño Oscilação Sul	ENOS
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	IBGE
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	IDH-M
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	INPE
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada	IPEA
Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento	CMED
Ministério do Meio Ambiente	MMA
Organização das Nações Unidas	ONU
Plano de Ação de Combate à Desertificação	PCAD
Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Efeitos da Seca Paraíba	PAN PB
Programa Nacional do Meio do Meio Ambiente	PNMA
Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento	PNUD
Sistema IBGE de recuperação automática	SIDRA
Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste	SUDENE
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande	UACAUF CG

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Objetivo geral.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
2 ARCABOUÇO TEÓRICO CONCEITUAL.....	21
2.1 A geografia e as geotecnologias.....	21
2.2 Análise Estatística Multivariada.....	27
2.3 Sensoriamento Remoto (SR).....	28
2.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIG).....	29
2.5 Desertificação: preliminares históricas, causas e consequências.....	31
2.6 Indicadores da desertificação.....	39
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
3.1 Área de estudo.....	43
3.2 Aparato estatístico e instrumentos de apoio.....	45
3.2.1 Softwares utilizados.....	45
3.2.2 Análise fatorial em Componentes Principais (ACP).....	45
3.2.3 Teste de Pettit.....	46
3.3 Construção e tipo de análise da base de dados.....	47
3.3.1 Fatores Ambientais.....	48
3.3.1.1 Precipitação pluviométrica.....	48
3.3.1.2 Cobertura vegetal e Temperatura da Superfície.....	49
3.3.1.2.1 Coleta de Dados Orbitais.....	49
3.3.2 Fatores sociais e econômicos.....	55
3.4 Análise dos indicadores e diagnóstico da desertificação.....	57
3.4.1 Análise dos fatores físicos.....	58
3.4.1 Análise dos fatores sociais e econômicos.....	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1 Caracterização multitemporal dos indicadores de desertificação nos Cariris Velhos (CV).....	61
4.1.1 Aspectos Físicos.....	62

4.1.1.1 Precipitação pluviométrica.....	62
4.1.1.2 Cobertura vegetal e Temperatura da Superfície.....	74
4.1.1.2.1 Comparação entre as estimativas feitas da Temperatura da Superfície e os dados provenientes dos geotermômetros.....	91
4.2 Fatores sociais e econômicos.....	98
4.2.1 Contribuição dos indicadores sociais, econômicos, agrícolas e pecuários segundo os três fatores mais explicativos.....	98
4.3 Sobre o diagnóstico da desertificação.....	117
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
REFERÊNCIAS.....	121
APÊNDICE.....	127
ANEXO.....	132

1 INTRODUÇÃO

O homem não é livre no meio ecológico
que ele bem conhece porque o solo é instável,
nasce, vive e morre conforme a proteção, o repouso
que se lhe dá em retribuição a entrega generosa
de sua fertilidade.
(DUQUE, 1973, p.19)

Não é de hoje que as diversas atividades desenvolvidas pelo homem são responsáveis por grandes mudanças no meio ambiente. É diante de algumas situações evidenciadas, sobretudo pelos impactos causados, que se buscam diagnósticos capazes de descortinar processos e trazer à tona para a sociedade eventuais danos causados, bem como o que pode ser feito para reverter esse quadro.

Essa relação do homem com a natureza tornou-se mais forte nas últimas décadas – desde meados da década de 60, com a crise ambiental – e, desde então, vem sendo palco de muitos estudos, não sendo diferente, deste modo, para os que envolvem a desertificação. Este tipo de degradação é um processo de grande complexidade, pois resulta da interação de diversos fatores. Seus desdobramentos envolvem não só os aspectos físicos, mas também um amplo conjunto de enfoques econômicos e sociais, os quais precisam ser considerados de forma sistemática, por estarem diretamente relacionados com a cobertura vegetal (SOUZA, 2008).

No entanto, entender a desertificação é, sobretudo, buscar um resgate histórico, pois recursos naturais (renováveis e não renováveis) são explorados pelo homem, que, na maioria das vezes, acontece (aconteceu) de maneira desordenada desde tempos remotos. Esta demanda tem se intensificado com os avanços tecnológicos e, principalmente, devido à sedentarização do homem, tendo como consequência disso o agrupamento social (NASCIMENTO, 2013).

As regiões semiáridas do mundo sofrem, notadamente, com esse processo que, conforme Vasconcelos Sobrinho (1978) reflete em determinadas manchas de solo, as quais são:

descarnadas, como espécies de erupções epidérmicas. São áreas de solos rasos, quase que reduzidas ao afloramento rochoso, sem capacidade de retenção de água, pois, cessadas as chuvas, elas ficam imediatamente desidratadas. Os solos dessas áreas também apresentam deficiências em matéria de nutrientes, que contribuem para potencializar sua vocação para a desertificação. O clima é o mesmo das áreas mais próximas, observando-se as diferenças

específicas em função do tipo de solo. Significa dizer que, ao lado dos fatores gerais que comandam os processos de desertificação, há fatores locais determinados pelas condições de solo. Por isso é possível encontrar manchas férteis de solos ao lado de manchas desertificadas ou em processo de desertificação. (VASCONCELOS SOBRINHO, 1983:26).

Sob este aspecto, cabe observar o processo histórico de ocupação das terras do semiárido brasileiro, que desde tempos remotos vem impondo uma série de modificações à caatinga, criando, em algumas situações, uma condição de degradação que vem afetando todo o ambiente onde ela está inserida, além do homem e das suas atividades, a exemplo do que vem ocorrendo na região dos Cariris Velhos (PB), localizada no Estado da Paraíba, como destaca o trabalho de Souza (2008).

A região dos Cariris Velhos compreende uma área: a área piloto, isto é, de grande representatividade dos estudos que envolvem a desertificação, por possuir limitações edáficas (solos rasos e pouco lixiviados, com altos teores de salinidade) em grande parte de sua área, e solos férteis, além de diferentes modos de uso, que refletem no contexto da vegetação. Nesta região, ocorrem sérias dificuldades de ordem social e econômica encontradas desde a sua formação socioespacial, que por ora vem sendo amenizados graças a incentivos governamentais. Mas isso não apaga o uso da terra (acontecimentos) do passado e as características edafoclimáticas desse ambiente.

Com o avanço da tecnologia, pesquisadores do mundo inteiro vêm utilizando imagens de satélite para monitoramento de parâmetros da vegetação (NDVI, SAVI, IAF, entre outros).

A ciência geográfica pode proporcionar um direcionamento no estudo deste fenômeno a partir das geotecnologias. Elas podem auxiliar no monitoramento de grandes áreas e quando integradas a técnicas estatísticas permitem análises mais precisas, complexas e apuradas, sendo capazes até de indicar novas possibilidades – rumos – para pesquisas voltadas para a desertificação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Investigar e caracterizar o processo de desertificação, na área dos Cariris Velhos – PB, através de indicadores de desertificação, análises estatísticas e geotecnologias.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar a cobertura da vegetação nos Cariris Velhos e a temperaturas da superfície, a partir de três recortes compreendidos entre 1985 e 2007;
- Descrever as relações da temperatura da superfície com as anomalias climáticas;
- Caracterizar as atividades antrópicas no ambiente e os reflexos dessa prática na área de estudo, através dos aspectos sociais, econômicos e agropecuários;
- Conhecer a dinâmica existente entre os aspectos físicos e as atividades humanas;
- Descrever o cenário dos Cariris Velhos, baseando-se no que foi analisado, e contribuir para um melhor entendimento do processo de desertificação nessa área.

2 ARCABOUÇO TEÓRICO E CONCEITUAL

Chegando o tempo do inverno,
Tudo é amoroso e terno,
sentindo o Pai Eterno sua bondade sem fim.
O nosso sertão amado, estrumicado, pelado,
fica transformado no mais bonito jardim.
(SILVA, 1999, p. 355).

2.1 A geografia e as geotecnologias

Nos estudos relacionados à Geografia, diferentes propostas de interpretação da realidade resultaram em paradigmas, entendidos como princípios, teorias ou conhecimento, que serviram de base para consolidação do pensamento geográfico. Estes se multiplicaram no século XX quando a Geografia se institucionalizou enquanto ciência.

No entanto, retrocedendo um pouco para poder entender como se deu a sistematização de seu conhecimento, no início dessa ciência, é interessante retomar os pressupostos históricos que marcaram o Século XIX. Segundo Moraes (2002), durante esse período, a Geografia incorporou bases teóricas e conceituais das chamadas ciências naturais e passou a formular seu método sob um olhar que definiria o objeto da análise geográfica: o espaço. Essa definição, que nortearia a sistematização supracitada, por assim dizer, se baseou nas importantes contribuições dadas por geógrafos como Ritter e Humboldt, que a retrataram de tal modo que suas obras embalaram a formação dos geógrafos até a atualidade (CAPEL, 1981).

Ambos com suas especificidades: Humboldt com sua síntese de conhecimentos voltados a terra, buscando a unidade em meio a variedade de fenômenos, além da identificação da casualidade das conexões da paisagem; e Ritter com seu conceito de cunho antropocêntrico, na busca da valorização da relação intrínseca do homem com a natureza (CAPEL, 1981).

Mesmo que a ideia desses autores não tenha entrado em sintonia com os conceitos geográficos contemporâneos, vale considerar a dificuldade encontrada no sentido de ambos não terem conseguido consolidar aquilo que desenvolveram. Sobre esse assunto, Suertegaray (2001) relata o seguinte:

construir uma ciência de articulação na época em que surgiu oficialmente a Geografia pareceria ser como remar contra a maré, pois neste período a visão de ciência dominante privilegiava a divisão entre ciências da natureza e da

sociedade (SUERTAGARAY, 2002, p.15).

Em meio a essas questões, métodos e metodologias foram utilizados para a explicação de fenômenos geográficos envolvendo aspectos ambientais e sociais, isto é, na busca do aprimoramento do estudo das interfaces homem-natureza. Uma característica intrínseca da Geografia, que em sua essência estava sob a influência do iluminismo e dos postulados.

Esse entendimento gerou, posteriormente, uma busca em vários campos do conhecimento, fazendo com que a geografia se tornasse rica em possibilidades. No entanto, esse modo de se organizar cientificamente proporcionaria a essa ciência estudos fragmentados de seu objeto de estudo. Como exemplos citam-se os mais diversos trabalhos que abordam apenas o meio físico ou aqueles que discorrem apenas de contextos sociais.

Essa nova forma de enxergar um estudo geográfico gerou o surgimento de subramos dentro dessa “nova ciência”, que foram descritos como geografia física e geografia humana. Para Mendonça (2001), esse modo de estudo da geografia se tornou um obstáculo, pois dificultou o processo de desenvolvimento da compreensão integral dos fenômenos. Guiando-se por essa subdivisão, a Geografia manteve seu objeto de estudo olhado sob essa perspectiva no final do Século XIX, durante boa parte do Século XX e se arrastou até os dias atuais, o que proporcionou o prevailecimento dos sub-ramos, inclusive o da geografia física.

Como consequência, têm-se as transformações causadas pelas tentativas teóricas de se analisar integradamente no decorrer deste período, e com o quadro emergencial da discussão ambiental nos anos 70 elas foram sendo retomadas. Durante este período, conforme discorre Suertgaray (2001), procurou-se introduzir nos estudos avaliações oriundas da natureza pela dinâmica social, atribuindo a essa prática o caráter de um novo rumo no lado do “ramo” físico da Geografia.

Essas renovações estavam relacionadas com as novas tendências, desencadeando mudanças ditas paradigmáticas que marcaram a Geografia, porque nessa fase foram geradas diversas aplicações. Com o uso de recursos matemático-estatísticos, que serviria de apoio para os estudos ambientais, e por isso ficou conhecido como “Nova Geografia” ou Geografia Teorético – Quantitativa, conforme definiu Christofolletti (1982, p. 71):

A geografia quantitativa e a teorética. A primeira expressa a aplicação intensiva das técnicas estatísticas e matemáticas nas análises geográficas e o procedimento quantitativo pode ser considerado entre características básicas da nova geografia. A segunda salienta o aspecto técnico e metodológico, submetendo como imprescindível toda a análise quantitativa e englobando os processos de abstração necessários nas etapas da metodologia científica e da explicação.

Os Estados Unidos despontaram nos estudos relacionados a essa temática e por assim dizer “novo paradigma” e lideraram o ranking das melhores publicações à luz de aplicações em modelagens matemáticas e tratamentos estatísticos que complementassem a busca por explicações relacionadas com as diversas transformações no ambiente, incluindo o contexto social e suas repercussões na natureza (tabela 1).

Tabela 1 – Principais autores e obras publicadas no contexto da Nova Geografia.

Ano de publicação	Autor	Obra
1953	Fred Sheaffer	Exceptionalism in Geography: A Metodological Examination.
1962	Willian Bunge	Theorial Geography
1963	Ian Burton	The Quantitative Revolution na Teorical Geography
1965	Petter Hagget	Locational Analysis in Humam Geography.
1965	Richard Chorley e Petter Hagget	Frontiers in Geographical Teaching.
1966	Walter Christaller	Examination Central Places in South Germany.
1967	Richard Chorley e Petter Hagget	Models in Geography
1967	Leslie J. King	Statístical Analysis in Geography
1968	C. A. M. King e J. P. Pole	Quantitative Geography
1968	Brian J. L. Berry e Duane F. Marble	Spatial Analysis a reader in Statistical Geography.
1969	David Harvey	Explanation in Geography
1969	Peter Haggett e Richard Chorley	Explanations in Spacial Structure
1970	Richard Morrill	The Spatial Organizacion Society
1973	David Harvey	Social and the Justice city
1973	Richard J. Chorley	Directions in Geography
1975	Douglas Amadeo e Reginald Colledge	Introduction to Scientific Reasoning in Geography

Fonte: Christofoletti (1982).

A Geografia nessa fase intensa de produções renovadoras passou a tratar velhos problemas sob novos ângulos. Envolvia análises quantitativas nos problemas que eram anteriormente tratados de forma descritiva e verbal (CRISTOFOLETTI, 1982). Ao contrário

das outras escolas geográficas, a Geografia quantitativa toma outras posições no sentido de inserir a natureza em um espaço geométrico e matemático, confirmando uma busca científica baseada em leis.

No centro desse novo paradigma estava o Círculo de Viena, que trilhou o caminho dessa nova filosofia (de essência quantitativa) reconceituando o empirismo, criando um sistema filosófico denominado de positivismo lógico ou neopositivismo. Nascia, nesse novo quadro de formulações e descobertas científicas, um movimento que dividiria opiniões, gerando críticas e manifestações de apoio. Segundo Reis e Junior (2004, p. 225) essa nova forma de enxergar a natureza e suas relações serviria de apoio para:

disciplinas ainda órfãs de um norte conceitual e metodológico bem sedimentado. Previsivelmente, aquelas que devotavam atenção às questões humanas e sociais perceberam a vantagem que havia em se mirar no próspero exemplo da Física (o principal tesouro do Neopositivismo): resultados práticos nos quesitos estruturação e predição.

No Brasil, os primeiros sinais ligados a este assunto surgiram através dos pesquisadores Antônio Christofolletti, Pedro Pinchas Geiger e Speridião Faissol. Com destaque para dois núcleos: o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para os Geógrafos lotados no Rio de Janeiro e a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, UNESP, em Rio Claro, que desenvolveram trabalhos científicos voltados para utilização de técnicas quantitativas, inclusive análises espaciais. Neste cenário se destacaram os trabalhos de Faissol (1972), Becker (1974), entre outros.

Evidentemente que os pesquisadores interessados nas questões teóricas, nas novas proposições que culminavam na chamada Nova Geografia, corriam o risco de ficarem ultrapassados, considerando que de modo consciente ou inconsciente cada teoria que é formulada dentro de uma ciência sofre influências fortes das correntes filosóficas de sua época, conforme explica Christofolletti (1982).

O que não se pode deixar de frisar é que, de certo modo, ultrapassar seria uma forma de enxergar um quadro de mudanças positivas. Pois, relacionado a isto se encontra o aperfeiçoamento de técnicas capazes de gerar um avanço tecnológico. Assim, além das técnicas estatísticas utilizadas para quantificação, o geoprocessamento passa a fazer parte das ferramentas imprescindíveis nas análises voltadas ao conhecimento do território. Deste modo, não é difícil de perceber o papel relevante da Geografia quantitativa na construção das geotecnologias, conforme apontam Câmara, Monteiro e Medeiros (2001, p.5):

Com escola quantitativa, os estudos geográficos passam a incorporar, de forma intrínseca, o computador como ferramenta de análise. Neste sentido, o aparecimento, em meados da década de 70, dos primeiros sistemas de informação geográfica (GIS), deu grande impulso a esta escola. Ainda hoje, em países como os Estados Unidos, em que a Geografia Quantitativa é a visão dominante, os GIS são apresentados como ferramentas fundamentais para os estudos geográficos, como indica o recente estudo da “National Academy of Sciences” (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997).

De acordo com Rosa (2005), as geotecnologias são consideradas como sendo o conjunto de tecnologias voltadas a coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica, sendo compostas por soluções de **hardware, software e peopleware**. Estas três soluções juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão.

Conforme aponta Rosa (2005), no que se refere ao tratamento da informação, o geoprocessamento envolve três categorias de técnicas, descritas da seguinte forma:

- Técnicas direcionadas a coleta de informações: cartografia e sensoriamento remoto, GPS, topografia e levantamento de dados alfanuméricos;
- Técnicas voltadas ao armazenamento da informação espacial: banco de dados-orientado a objetos, relacional, hierárquico, entre outros; e por fim
- Técnicas que se destinam ao uso integrado de informação espacial. Destacam-se como parte desse conjunto os sistemas GIS (**Geografic Information Systems**), LIS (**Land Information Systems**), AM/FM (**Automed Mapping Facilities Mangement**) e CADD (**Computer Aided Drafting and Design**).

As geotecnologias, utilizadas como apoio para uma análise espaço-temporal de fenômenos geográficos, podem ser melhor evidenciadas se trabalhadas juntamente com técnicas estatísticas multivariadas. Técnicas estatísticas multivariadas já foram usadas nas mais diversas áreas, sobretudo na Geografia. Neste sentido, dentre os diversos trabalhos merecedores de destaque, pode ser salientado o uso de técnicas como Análise de Agrupamento e Correspondência, relacionadas com a teoria da informação, utilizadas por Calvo et. al. (1992) na identificação e delimitação de unidades ambientais homogêneas em uma Bacia Hidrográfica na Espanha. O estudo permitiu identificar, objetivamente, as tendências na variação ambiental e como essas variações podem contribuir do ponto de vista geográfico e ecológico.

Já para Martin de Agar et al. (1995), o uso de técnicas estatísticas multivariadas apresentou ótimos resultados na integração das relações espaciais entre elementos de um sistema geográfico, possibilitando entender sua estrutura e especializar os resultados. Silva (2011) obteve bons resultados ao desenvolver um zoneamento com vistas ao planejamento

ambiental, permitindo a identificação e hierarquização de áreas homogêneas através da medida de similaridade entre variáveis ambientais, por meio de técnicas estatísticas e SIG na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari – MS.

2.2 Análise Estatística Multivariada

Quando se estuda a relação da sociedade com a natureza, a integração de variáveis torna-se imprescindível. Segundo Hair et al (2009), um ramo estatístico muito utilizado em análises que envolvem um grande quantidade de dados e variáveis, nas mais diversas ciências, inclusive na Geografia, é a análise estatística multivariada, que tem como função analisar simultaneamente múltiplas medidas a partir de indivíduos ou objetos sob investigação. Dentre os métodos mais utilizados na Geografia (geociências) destacam-se a análise fatorial e a análise de agrupamento¹ (LANDIM, 2005).

De acordo com Ferreira (1996), os métodos de análise multivariada são descritos como:

- **Redução de dados ou simplificação estrutural:** O fenômeno sob estudo é representado da maneira mais simples possível, sem sacrificar informações valiosas e tomando as interpretações mais simples;
- **Ordenação e agrupamento:** Agrupamento de objetos (tratamentos) ou variáveis similares, baseados em dados amostrais ou experimentais;
- **Investigação de dependência entre variáveis:** estudos das relações estruturais entre variáveis muitas vezes é de interesse do pesquisador;
- **Predição:** Relação de variáveis para propósito de predição de uma ou mais variáveis com base na observação de variáveis; e por fim
- Construção do teste de hipóteses.

Dentre as vantagens, tem-se que em algumas técnicas há a suposição da normalidade (média 1 e variância 0), isto é, o conhecimento dos parâmetros de uma dada população (conjunto de indivíduos com suas características) e a capacidade de outras de ponderar. Sem contar que algumas técnicas também podem espacializar fenômenos e acontecimentos, como fez Geiser (1971) quando estudou, para o Nordeste, os aspectos espaciais dos processos socioeconômicos, no nível de macrorregião, através da análise fatorial e de agrupamento, ambas

¹Dentre as técnicas de análise multivariada, foi utilizada nessa pesquisa a análise fatorial em componentes principais. Todas descritas na metodologia deste trabalho.

técnicas de interdependência.²

Como a análise multivariada é uma técnica de quantificação, por se tratar de um ramo da estatística, conforme dito anteriormente, pode-se dizer que ela está no campo do método hipotético-dedutivo³, método que caracteriza as ciências naturais, inclusive os estudos geográficos (CAMARA et al, 2000).

Harvey (1969) explica de maneira elucidativa que o método hipotético-dedutivo descrito por Câmara et al (2000) é uma forma de se representar (capturar) a realidade, demonstrando como ela se estrutura, depois materializá-la em imagens e só então transformá-la em modelos matemáticos.

Sob a perspectiva da desertificação, Lemos (2001) fez o mapeamento da degradação através de índices – no que se refere o seu estágio. Ele utilizou técnicas de estatística multivariada (análise fatorial e regressão linear) com quatro indicadores para estimar percentuais de devastação, bem como a população atingida. Sua área de estudo englobou municípios do Nordeste brasileiro, excluindo as capitais e os municípios com características fortemente urbanizadas.

2.3 Sensoriamento Remoto (SR)

Sensoriamento Remoto, de acordo com Lillesand (1994), é definido como uma técnica capaz de captar informações sobre um objeto, área ou fenômeno a partir de dados adquiridos por um dispositivo – sensor – sem contato direto com o que irá ser estudado.

Este tipo de definição, que define que o sensor está a uma distância remota do que será estudado, serve de base para inserir o sensoriamento em uma concepção um pouco mais científica regida pelas seguintes premissas, de acordo com Sabins (1997):

- Ausência de matéria entre o sensor e o que será estudado;
- Informações acerca do que será estudado são possíveis de serem transportadas pelo espaço vazio; e
- A maneira como se desenvolve esta relação, isto é, o elo de comunicação entre o que será estudado e o sensor é a radiação eletromagnética, que é a única forma de energia capaz de se transportar no espaço.

²Segundo Hair et al (2009), nas técnicas de interdependência as variáveis não podem ser classificadas como dependentes ou independentes. Elas apenas serão avaliadas simultaneamente de forma que a partir das informações originais (banco de dados) seja organizada outra estrutura capaz de explicar melhor sem diminuir uma ou outra variável, isto é, neste caso teríamos uma estrutura subjacente ao banco de dados original.

³ O método hipotético redutivo baseia-se na construção de conjecturas, isto é, hipóteses, que precisam estar submetidas aos mais diversos testes para serem comprovadas.

Nenhum tipo de sensor que obtenha imagens que não sejam por radiação eletromagnética poderá ser classificado como sensoriamento remoto. No Brasil, este tipo de tecnologia ganha impulso a partir da década de 60 com o projeto Radambrasil, que teve como objetivo realizar o levantamento integrado dos recursos naturais da Amazônia.

De acordo com Rosa (2005), a falta de conhecimento acerca dos recursos naturais e a extensão territorial brasileira aliado ao custo de se obter informações por métodos convencionais, foram os fatores primordiais que levaram o país a entrar no programa de sensoriamento remoto por satélite. Atualmente, várias instituições no país utilizam esta tecnologia a fim de se obter informações de caráter hidrológico, geológico, entre outras.

Dentre os mais utilizados no Brasil, citam-se o sistema LANDSAT-TM, desenvolvido pela NASA que tem como objetivo permitir a aquisição de dados espectrais, espaciais e temporais da superfície terrestre (ROSA, 2005).

Fazendo uso do sensoriamento remoto, muitos autores vêm fazendo uso de índices de vegetação para identificação das fisionomias da caatinga, considerando padrões espaciais e atributos da vegetação xérica da caatinga vem sendo proporcionado. Entretanto, os estudos ainda são incipientes e pontuais (CAMACHO (2001); MALDONADO *et al* (2002); MALDONADO (2004)).

Os dados provenientes do sensoriamento remoto são passíveis de serem armazenados, manipulados e analisados por meio de softwares específicos. Desse modo, eles estabelecem uma relação direta com softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG), os quais possuem várias ferramentas para se trabalhar com este tipo de tecnologia.

2.4 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Sistema de Informações Geográficas (SIG), segundo Assad (1998), é um termo utilizado para se referir a sistemas que atuam no tratamento computacional de dados geográficos, tendo a capacidade de armazenar a geometria e os atributos dos dados que se encontram georreferenciados, isto é, aqueles atributos que estão localizados na superfície terrestre e numa dada projeção cartográfica. Stevens (2014, p. 28) afirma que esses sistemas “se popularizaram com o aumento da complexidade das análises espaciais e o incremento tecnológico dos sistemas computacionais de processamento e aquisição de dados”.

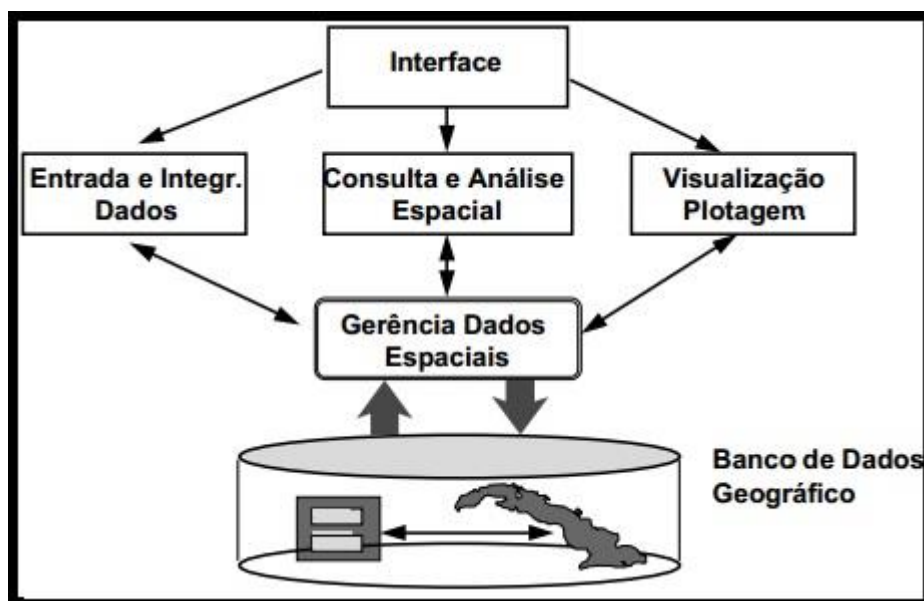
Moldes Teo (1995) apud Silva (2003)⁴, afirma que existem algumas considerações básicas que precisam ser observadas quanto a constituição básica de um SIG:

- Sistema geográfico que permita representar a maioria das entidades gráficas típicas da cartografia automática, tais como: linhas, pontos, símbolos, redes, imagens, etc., referenciadas mediante coordenadas geográficas ou cartesianas;
- Uma base de dados que permita gerenciar de forma simples (agregado ou separado) os dados alfanuméricos e gráficos referentes a um espaço territorial;
- Uma organização de sua base de dados que possibilite relações espaciais, conhecidas como relações tipológicas tais como a proximidade de entidades, a inclusão de uma entidade em outra, a continuidade de uma rota, etc;
- Sistema de acesso seletivo, tal como SQL (Sequencial Query Linguagem) ou similar aos dados da base de dados que permita consultas e simulações com os mesmos, tanto gráficos quanto alfanuméricos;
- Sistema de geração de cartografia automática a partir de consultas e simulações;
- Linguagem de alto nível que permita realizar grandes aplicações; e por fim
- Sistema de importação e exportação de dados e sua organização em arquivos padrões de trocas de dados.

Essas considerações podem se tornar ainda mais ricas quando se agrega o fato dos SIG's serem capazes de responder a determinadas questões: produzir mapas mais enriquecidos de detalhes de forma mais eficaz e a baixos custos; e por fim possibilitarem a automação da atualização e revisão, revolucionando o quesito da análise quantitativa de dados espaciais (SILVA, 2003). A figura 1 descreve a estrutura de um SIG.

⁴ MOLDES TEO, F. Javier. **Tecnología de los sistemas de información geográfica**. Madri: Ra-ma, 1995. In: SILVA, João dos Santos Villa da. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental: estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari**. 2003. 305f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Programa de Pós-Graduação em engenharia agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

Figura 1 – Estrutura geral de um SIG.



Fonte: Câmara et al (1999).

A definição e as características de um SIG descritas anteriormente, bem como a multiplicidade de usos dessa ferramenta, apontam para uma visão interdisciplinar de sua utilização, inclusive para estudos voltados para a desertificação.

2.5 Desertificação: preliminares históricas, causas, efeitos e consequências

Entender o processo da desertificação é, sobretudo, buscar um resgate histórico. Recursos naturais (renováveis e não renováveis) são explorados pelo homem, na maioria das vezes, de maneira desordenada desde tempos remotos. Esta demanda tem se intensificado com os avanços tecnológicos, e, principalmente, devido à sedentarização do homem, tendo como consequência disso o agrupamento social (NASCIMENTO, 2013). Essa pressão exercida, com destaque para os recursos **hídricos** e **biológicos**, vem acarretando sérios problemas ambientais. Entretanto, com a tentativa de minorar e até mesmo de cessar esse quadro, dependendo da situação, é que várias discussões foram iniciadas nas últimas décadas.

Nesse contexto, destaca-se a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972. O alvo central dessa conferência foram os debates acerca das preocupações que envolviam as questões ambientais, demonstrando, notadamente, uma maior preocupação com recursos naturais como água, solo e vegetação, principalmente por

conta dos riscos de ações localizadas, relacionadas a esses recursos, capazes de provocar degradações, devido à retirada desses recursos desordenadamente, afetando de forma direta sistemas ambientais complexos.

O pastoreio e/ou a irrigação em excesso, por exemplo, podem vir a comprometer seriamente regiões com pouca disponibilidade hídrica nas ecozonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, causando impactos nas populações que vivem nessas áreas, potencializando cada vez mais problemas econômicos e sociais. Nessas regiões esses problemas são fortemente agravados devido a um quadro geoambiental de ampla vulnerabilidade, no qual os recursos mencionados anteriormente são alvos fáceis frente a uma exploração desordenada.

Essas regiões localizadas, principalmente, em países de baixas latitudes registram, em sua maioria, vocação agropastoril desde seus primórdios civilizatórios. Levando em consideração, também, um clima desfavorável, com quadro de secas frequentes e cíclicas, que faz agravar a degradação ambiental das paisagens, principalmente em locais que apresentam determinadas características negativas no quesito sustentabilidade de determinados recursos naturais, resultado de uma ecodinâmica completamente instável (TRICART, 1977).

Logo, variáveis como temperatura e precipitação pluviométrica, aliadas a fatores sociais e econômicos, repercutem no quadro climático, gerando esse cenário de exploração capaz de provocar a redução da qualidade dos solos, ocasionando um processo de erosão e até mesmo a redução da biodiversidade, dando indícios claros de que esse conjunto de ações pode culminar na desertificação.

- Esse processo, na atualidade, afeta, direta e indiretamente, um contingente populacional de cerca de 1 bilhão de pessoas, além de boa parte da superfície terrestre. Roxo (2006) destaca alguns dados reveladores acerca dessa degradação intensa, dos quais podem ser destacados:
- Cerca de 100 países são afetados por esse processo;
- Todos os anos, cerca de 6 milhões de hectares de terra arável e produtiva são perdidos devido a esse tipo de degradação;
- Aproximadamente 1\4 da superfície terrestre sofre de degradação e erosão dos solos advindas da desertificação; e
- Fazendo recortes temporais e estimativas futuras, pode-se dizer que nos dois primeiros anos da década de 60, o solo arável por pessoa diminuiu de 0,32ha para 0,21ha, em 1997 a 1999. Esperando que este valor caia mais uma vez, em 2030, para 0,16ha.

Apesar de ser considerado um fenômeno que surgiu na antiguidade, as atenções para esta problemática só vieram a ganhar destaque nos últimos séculos (XX e XXI), assumindo

proporções mundiais após o período que compreendeu a Segunda Grande Guerra. Isso não acontecia anteriormente devido às preocupações estarem, naquele momento, ligadas à recomposição da economia, que se encontrava debilitada nos países europeus (CONTI, 1995).

Dregne (1987) descreve que há milhares de anos, pelo menos três regiões no mundo já passavam por problemas que estavam ligados à degradação/desertificação: Mesopotâmia, Mediterrâneo e Loess Chineses. Estes problemas tinham relação com fatores, como ressecamento do solo e até mesmo instabilidade da biosfera (NASCIMENTO, 2013).

Conforme menciona Conti (1995), o Iraque, outrora inserido em território do domínio mesopotâmico, passa na atualidade por contingências ambientais. Os desdobramentos destas contingências acarretam no esgotamento de recursos renováveis, além da formação de terras áridas e até mesmo improdutivas, o que em outras palavras seria um deserto produzido através das intervenções antrópicas pelas atividades socioeconômicas.

Registros históricos também revelam que indícios da desertificação foram encontrados no Sahel⁵. Neste lugar, havia uma vegetação de savanas e uma forte atividade agropastoril com gado bovino. Já em 1930, os EUA também despontaram para as discussões acerca desse fenômeno devido às preocupações geradas por perdas econômicas ocasionadas pelo desmatamento excessivo das estepes no meio oeste americano, com vistas ao favorecimento da expansão agrícola. Esse período foi marcado por uma seca severa, o que, associado ao aumento da erosão, resultou em grandes nuvens de poeira (SOUZA, 2008).

No Brasil, os estudos acerca desse fenômeno começaram com o professor pernambucano João Vasconcelos Sobrinho, durante a década de 1970. O ecólogo afirmava, de acordo com suas pesquisas, que nos espaços semiáridos brasileiros estava para surgir “um grande deserto com todas as características ecológicas que conduziriam a formação dos grandes desertos hoje existentes em outras partes do globo” (VASCONCELOS SOBRINHO, 2004). O citado autor liderou a delegação brasileira que participou da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, sob o convite da The Science Associations.

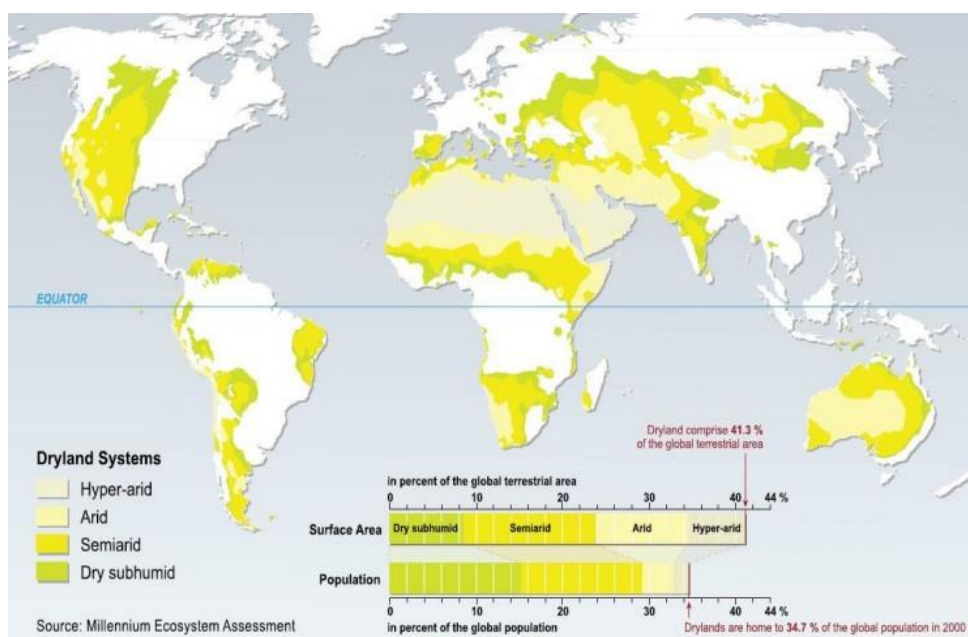
A conferência em Estocolmo representou um momento marcante nas questões que fazem referência à desertificação. Foi a partir de então que os debates sobre essa temática alcançaram proporções mundiais, dando início a uma importante discussão que resultou na criação do Programa das Nações Unidas sobre Desertificação (PNUMA).

⁵Situado na África, compreende os países da Gâmbia, Senegal, a parte sul da Mauritânia, o centro do Mali, Burkina Faso, a parte sul da Argélia e do Níger, a parte norte da Nigéria e dos Camarões, a parte central do Chade, o sul do Sudão, o norte do Sudão do Sul e a Eritreia. Eventualmente, juntamente com Etiópia, o Djibouti e a Somália.

Este órgão reconheceu que a desertificação é um problema ambiental, capaz de desencadear severos custos para a sociedade (NASCIMENTO, 2013). Os objetivos desta conferência foram publicados no Plano de Ação de Combate à Desertificação (PACD), ao qual o Brasil aderiu juntamente com diversos países que também participaram do evento.

Durante essa reunião ficou estabelecido o grau- ou índice- de aridez entre 0,21 e 0,65 para aplicação do PACD. Definindo-se, na ocasião, que ele é aplicável a todas as áreas de clima semiárido e subúmido seco e, por isso, merecia atenção da conferência. Com base nesse grau de aridez, criou-se um mapeamento preliminar, revelando onde esse processo pode ocorrer (Figura 2).

Figura 2 – Áreas com risco de desertificação.



Fonte: Milenium (2005).

Passados 20 anos, finalmente, na ECO – 92, o fenômeno da desertificação ganha definição oficial pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. É publicada no capítulo 12.2 da Agenda 21⁶ a seguinte definição: “a desertificação é a degradação da terra em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas” (BRASIL, 2004).

Porém, diante dos esforços para oficialização da definição deste tipo de degradação, o termo passou por várias adaptações conceituais e atualmente não é difícil encontrar na

⁶Conjunto de medidas definidas para a implementação dos princípios da Declaração do Rio..

literatura cerca de 59 definições sobre este tema (NASCIMENTO, 2013). Há um consenso de que “os aspectos de degradação dos recursos naturais, notadamente o ressecamento dos solos e a destruição da cobertura vegetal, variam de ecozonas áridas a subúmidas secas” (AB’ SABER, 1977).

Assim, além da fragilidade que possuem os lugares afetados por este tipo de degradação, existe também a fragilidade proveniente de seu entendimento e do conceito adotado, o que para Souza (2008) pode ser acentuado devido à maneira como estes conceitos estão postos oficialmente.

Em relação aos aspectos climatológicos destas regiões, com destaque para a ciclicidade das secas, uma vez que esse fator acentua demasiadamente o uso inadequado de certos recursos naturais (solo, água e vegetação), há também certa “confusão” de conceitos. Ocorre que por vezes os conceitos de deserto, seca e desertificação são confundidos. Este primeiro tendo uma variação de conceitos ligada a diversas vertentes das ciências que estão dispostas a estudá-lo.

Conti (1995) definiu que o conceito proposto de deserto estaria ligado ao critério da média anual da precipitação pluviométrica. Segundo o pesquisador, os índices pluviométricos de uma área desértica chegariam a valores inferiores aos 250 mm anuais, apresentando assim as seguintes características:

- Solos rasos com elevadas concentrações de sais, e drenagem intermitente;
- Regime hídrico rarefeito;
- Cobertura vegetal esparsa, apresentando espécies xerófilas adaptadas ao alto grau de aridez;
- Um clímax ecológico para suportar tais adversidades;
- Predomínio do regime eólico, potencializado pela rarefação de vegetação.

No quesito seca, Conti (1995) pontua como sendo uma prolongada ausência de chuvas, podendo se estender até por períodos de três anos. Para o PAN-Brasil (2005), as secas são de caráter aleatório, resultado da ocorrência da anomalia climática denominada de El Niño. Como as secas ocorrem frequentemente em áreas afetadas pela desertificação, devido às características do clima regional; diferenciá-las, às vezes, torna-se um pouco complicado. Matallo Júnior (2001) apresenta alguns fatores que podem distinguir esses dois processos:

- A seca é um fator visivelmente mais acentuado e antigo que a desertificação;
- Questões relacionadas à produtividade e produção são mais observadas na seca do que no processo de desertificação;

- A seca decorre de eventos marcados no tempo, enquanto que a desertificação é marcada por lapsos de tempos superiores aos 10 anos; e
- Nem sempre a desertificação culmina na condição de deserto.

Entretanto, vale ressaltar que o que se pode observar é uma sinergia existente entre seca e desertificação nos espaços semiáridos. Fato que causa certo desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos e agrava ainda mais o quadro da economia e consequentemente as questões sociais, acelerando o processo de desertificação nessas regiões.

A partir desses eixos foi que Vasconcelos Sobrinho (1974) desenvolveu, no Brasil, suas pesquisas voltadas para uma determinada área do semiárido brasileiro, denominada de polígono das secas⁷. Seus estudos fundamentavam-se em uma metodologia de indicadores de desertificação e tinham como centro discursivo o que ele considerava ser uma vocação pré-desértica na área de estudos. Considerando que essa vocação estaria amplamente condicionada por um certo “desequilíbrio ecológico instável, decorrente de um regime pluviométrico de baixo índice de precipitações e extrema irregularidade, de solos rasos com limitada capacidade de retenção de água, amplo fotoperiodismo e ventos secos e quentes com forte poder de desidratação”(Silva, 2013, p.30).

Além de João Vasconcelos Sobrinho, outros pesquisadores evidenciam as questões de desertificação no Brasil e no Nordeste, como fontes de suas pesquisas e relatos, dos quais podem ser citados: Euclides da Cunha em Os Sertões; os pesquisadores José Guimarães Duque (1973), Paulo de Brito Guerra (1981), Thomas Antônio Pompeu (1934), todos do DNOCS; Ab’ Saber (1969), entre outros.

Em seus estudos Ab’Saber (1977) registra a ocorrência dos processos de desertificação a partir da caracterização de *Geotopos* áridos através dos aspectos geológicos do seguinte modo:

- **“Altos Pelados”**: Assim como em outros espaços semiáridos, acontece de modo análogo nos altos pelados a presença do pastoreio de pequenos animais-cabritos-, contribuindo para acentuar o quadro da desertificação local. Quanto às áreas de ocorrência, os altos situam-se no alto Jaguaribe (fronteira do Ceará com a Paraíba),

⁷Em seu trabalho, apresentado em Nairobi, no Quênia, **João Vasconcelos Sobrinho** expôs suas definições acerca dos núcleos de desertificação como sendo áreas onde cobertura vegetal e o solo alcançaram uma condição de irreversibilidade apresentando-se como pequenos desertos já definitivamente implantados dentro do ecossistema primitivo. Ele menciona como núcleos já existentes 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** (CNPq, 1978).

Vale do Vaza Barris (região de Canudos, Bendengo – Umburanas, no norte da Bahia);

- **“Salões”:** Decorrentes da incidência de salinização local, atuando em planícies e aluviais, de baixos vales, em áreas onde a semiaridez chega até a costa, como é o caso do Rio Grande do Norte. Os salões possuem altos teores de sais, impedindo a penetração da vegetação (caatingas e carnaúbas-galerias), propiciando apenas o crescimento da vegetação classificada como halófita. São decorrentes das várzeas do Baixo Mossoró e Baixo Apodi, próximo ao mar, na região onde se instalaram as salinas do Rio Grande do Norte (área de Grossos e Areia Branca);
- **Vales de encosta seca:** São setores locais, de caatingas esparsas em vales mal servidos por unidades, encostas de escarpas ou serras situadas a sotavento; definidas também como setores de relevos de cuevas em chão pedregosos e baixo nível de alteração das rochas; enclaves de caatinga no meio de áreas de cerrado;
- **Mares de pedra:** São pequenas áreas com aridez rochosa definida, marcadas por funções antrópicas predatórias, refletidas através de sublinhadas degradações em seu entorno. Estão presentes em Paulo Afonso, Milagres, Quixadá, Patos e Arcoverde.
- **Áreas de paleodunas quaternárias:** Predomínio de paleodunas de Xique-Xique e indícios de desertificação decorrentes da ação predatória do gado de pequeno porte e da ação da travessia dos vaqueiros gados e retirantes. Com áreas de ocorrência em Sergipe (Encostas da Serra de Itabaiana) e Médio Vale do São Francisco;
- **Áreas de topografias ruiniformes e cornijas rochosas desnudas, com aridez rochosa característica:** São topografias runeiformes, algumas vezes espetaculares, situadas à frente ou a base dos morros testemunhos e escarpas estruturais, mantidas por arenitos;
- **Áreas de revolvimento anômalo da estrutura superficial da paisagem:** Colinas Sertanejas, superficialmente degradadas, com exposição de cabeças rochosas subsuperficiais e remoção parcial de solos rasos. Estas, por sua vez, são removidas em decorrência de um manejo inadequado de terras propícias e erodibilidade. Sua área de atuação são os arredores de Sertão/PE.
- **Malhadas:** São manchas de maior pedregosidade das colinas sertanejas, tidas como um valor descritivo e pragmático pois “procuram indicar, há um tempo, o caráter pontilhado das ocorrências de fragmentos ou seixos esparsos, assim como a sua condição de área imprestável para atividades agrárias tradicionais” (AB’SABER, 1977, p. 5). Sua área de ocorrência abrange, até certo ponto, a região dos “altos

pelados”, localizados no extremo norte da Bahia (área de Umburanas – Bendengó); e por fim

- **Áreas degradadas por raspagem:** Espécie de degradação linear, capaz de favorecer a expansão e a concentração linear de cactáceas, localizadas a margem de caminhos e rodovias, em alguns tipos de caatinga.

Além das características físicas intrínsecas desses locais, para Ab’Saber (1977) é notório que as interferências antrópicas são acentuadoras desses processos geológicos. Nesse sentido, e com a finalidade de melhor expressar essa visão, ainda que atualmente não se considere a Amazônia como passível de ocorrência de desertificação, destaca-se a ideia de Guerra (1981, p. 148), quando afirma:

[...] É evidente que o perigo da desertificação, feita pelo homem, é constante, no Nordeste como no Amazonas, já que o homem é o grande forjador de desertos. Embora sendo um fenômeno ecológico, o deserto sofre total influência do homem, porque este tanto pode criar o deserto, como pode evitar sua formação e até mudar essa condição, mediante a recuperação de ecossistemas.

Para o diagnóstico do fenômeno da desertificação, Sampaio & Sampaio (2003) descrevem a ocorrência de estágios, os quais culminam em um processo de degradação profunda. O quadro 1 destaca as principais causas do fenômeno e seus respectivos estágios.

Tabela 2 – Causas da desertificação.

	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3
1.	Ocorrência da aridez e da semiaridez	Queimadas	Erodibilidade
2.	Variações termopluviométricas	Práticas inadequadas de agricultura	Salinização
3.	Relação homem x terra acentuada	Extrativismo predatório	Compactação do solo
4.	Baixo índice tecnológico	Desmatamento	Rebaixamento do lençol freático.
5.	Negatividade da produção	Cultivo excessivo do solo	Contaminação das águas
6.	Baixa renda	Mineração predatória	Poluição
7.	Níveis educacionais não satisfatórios	Irrigação inadequada	Redução da biodiversidade
8.	Pouco capital disponível	Mau aproveitamento dos recursos hídricos	Redução da fertilidade
9.		Superpastoreio	Perda de matéria orgânica

Fonte: Sampaio & Sampaio, 2003.

Diante do quadro, organizado a partir das ideias de Sampaio & Sampaio (2003), torna-se evidente que do estágio 1 ao 3 os impactos causados pelo antropismo refletem diretamente no solo e na vegetação, a exemplo da erodibilidade e da salinização – ambos do estágio 3 – decorrentes, na maioria das vezes, de práticas inadequadas de agricultura e da irrigação inadequada. De modo análogo, Sampaio & Sampaio (2003) também expõem as consequências (Quadro 2) dessas causas, despontando para o entrelaçamento de três esferas: econômicas, sociais e biofísicas.

Tabela 3 – Consequências da desertificação.

Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4	Estágio 5
Degradação do solo	Menos terra produtiva	Diminuição das áreas agrícolas	Diminuição da renda	Piora na qualidade de vida
	Menor Produtividade	Diminuição dos rebanhos		
		Maior custo da produção	Perda da biodiversidade	
	Redução da atividade agropecuária			

Fonte: Sampaio & Sampaio 2003.

Diante do contexto histórico e das características mencionadas durante o transcorrer do texto sobre o quadro da desertificação em áreas semiáridas e subúmidas secas, caberia relacioná-las ao conceito de ambiente, para o qual Suertgaray (2000) diz existir a pressuposição de um entrelaçamento de ações, resultado de uma interface existente entre os processos naturais e a sociedade, a partir da transfiguração proporcionada pelas técnicas quando estas intervêm nas formas e nos processos naturais (SOUZA, 2008). Uma maneira de se estudar este entrelaçamento, dentro do quadro da desertificação, seria através de indicadores de desertificação, que descrevem as diversas dimensões – ambiental, econômica e social – afetadas.

2.6 Indicadores da desertificação

Nos últimos anos, diversas instituições vêm, exaustivamente, discutindo os conceitos e preceitos do que vem a ser um indicador. Diante desse quadro, muitas definições têm sido formuladas. De forma geral, pode-se dizer que indicadores são parâmetros, ou funções derivadas deles, que têm a capacidade de descrever o estado ou resposta dos fenômenos que ocorrem no meio (SANTOS, 2004).

Em se tratando de desertificação – considerando processos físicos, biológicos e socioeconômicos –, não se pode deixar de evidenciar a sua característica multidisciplinar, fazendo com que a enorme gama de indicadores utilizados nas análises possuam naturezas variadas. Deste modo, para evidenciar o seu aparecimento, deve-se fazer uso de indicadores que pontuem com características específicas, capazes de expressar esse fenômeno (VASCONCELOS SOBRINHO, 1974).

Apesar da construção de um vasto arcabouço conceitual, a comunidade científica observou um direcionamento privilegiado dos estudos de desertificação no sentido da verticalização temática, de modo que não havia esforços significativos para a formulação de "sistemas" ou "metodologias" de análise. Neste contexto, alguns pesquisadores passaram a elaborar trabalhos voltados para a sistematização de indicadores de desertificação e de outras metodologias (MATALLÓ JÚNIOR, 2001).

No Brasil, o primeiro a iniciar os estudos referentes a indicadores de desertificação foi o ecólogo pernambucano José Vasconcelos Sobrinho. Baseado no enfoque dado por Reining (1978), o professor Vasconcelos listou cerca de 34 indicadores. Estes por sua vez, foram divididos em seis categorias: biológicos agrícolas (8), uso da terra (6), físicos (8), assentamento das populações (4), biológicos humanos (3) e de processo social (5). Dentre esses indicadores, alguns foram explicados, outros foram apenas citados na literatura publicada, o que dificulta o entendimento para a avaliação no fenômeno, pois, de acordo com Nascimento (2013), não se sabe ao certo o que pode ser quantificado ou avaliado.

Outro fator que também dificulta é a escassez de dados, sem contar que é importante ressaltar que nem todos os indicadores expressam a realidade de estudo, sendo necessário fazer uma seleção desses indicadores na hora da análise, para só a partir disso participarem no cálculo de um índice ou medida relacionada ao grau de intensidade da desertificação.

Mais tarde, um trabalho produzido sobre indicadores de desertificação foi adotado pelo Ministério do Meio Ambiente como base para o mapa da desertificação, que ganhou grande expressividade no Brasil. Ele foi elaborado por pesquisadores do Piauí (Instituto

Desert), liderado pelo professor Valdemar Rodrigues. O trabalho definiu uma lista com 19 indicadores, e estes foram quantificados como presentes ou ausentes, em uma dada microrregião, em que os indicadores que pontuavam com o quesito presença foram somados para compor um índice do grau de desertificação. Desta vez, a maioria deles foi explicado e de todos que foram definidos, 9 estavam mais relacionados à produção animal: 1) presença de erosão; 2) perda da 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, por último 9) defensivos agrícolas.

Foi só a partir de trabalhos elaborados com a aplicação de indicadores em zonas semiáridas e subúmidas secas da região Nordeste que se pôde considerar áreas caracterizadas segundo os seguintes níveis de desertificação:

- **Muito Grave:** Apresentavam 15 dos 19 indicadores propostos;
- **Grave:** Entre 11 e 14 indicadores; e.
- **Moderado:** Entre 6 e 10 dos indicadores propostos.

Para Matallo Júnior (2001), apesar da grande notoriedade dada ao trabalho liderado pelo grupo de pesquisadores do Piauí, há limitações existentes em relação às suas conclusões. O autor cita cinco dessas limitações:

- A união de indicadores de degradação observada com indicadores de degradação presumida e de degradação potencial, ou seja, da susceptibilidade à desertificação;
- Não houve uma sustentação empírica nas suposições feitas para o estabelecimento de alguns indicadores;
- Para grande parte dos indicadores não houve sequer cálculo para determinação do impacto ou área atingida, sem contar que as microrregiões têm tamanho relativamente grande;
- Parte dos indicadores utilizados eram medidas repetidas dos mesmos indicadores ou causas; e, por fim
- Apesar da limitação no que diz respeito à consideração da atribuição de pesos para indicadores, os cálculos foram com base em somatórios aritméticos dos indicadores.

Outro grupo atuante nos estudos de indicadores de desertificação foi do Ceará. Um dos trabalhos elaborados por Rodrigues & Vianna (1995) tinham por base a geração de um índice de propensão à desertificação dos municípios do estado mencionado. Na análise feita, os pesquisadores chegaram a utilizar cerca de 60 indicadores, dos quais foram reduzidos a 46 e

divididos em grupos, de acordo com a característica peculiar de cada indicador. A maneira como foi feita a análise da susceptibilidade reforça a ideia de que nem um indicador pode agir isoladamente na caracterização da desertificação.

É evidente que o estudo da desertificação ainda necessita de muitos ajustes, porém, diante dessa carência, os indicadores ainda continuam sendo os únicos instrumentos disponibilizados para compreender esse tipo de degradação de acordo com as explicações de Matallo Júnior (2001). São inúmeros os trabalhos desenvolvidos com esta temática.

Nascimento (2013) adotou a metodologia proposta por Sampaio (2002) e desenvolveu sua pesquisa voltada para a região do Alto Curso do Rio Paraíba – PB, com base em indicadores de desertificação propostos também pelo mencionado autor. Seus estudos revelaram a fragilidade, bem como a susceptibilidade a desertificação que a referida área apresenta, não esquecendo de revelar as expressividades apresentadas no tempo a fim de se estabelecer o diagnóstico da desertificação da área. Na análise também foram evidenciados, sobretudo, o quadro das políticas públicas existentes na região.

Lima (2014) propôs um estudo da desertificação na Sub Bacia do Taperoá – PB utilizando os indicadores de desertificação definidos por Matallo Júnior (2001) e Sampaio & Sampaio (2003). Os objetivos da pesquisa definiram a importância de um olhar ambiental na área de estudo com base no indicador físico cobertura vegetal, além de se basear no quadro descritivo – tabelas, gráficos, médias – de indicadores agropecuários, sociais e econômicos dos municípios que estão inseridos no recorte da Sub-Bacia supracitada, expressos através das condições de melhora e piora, e pautadas no processo de desertificação em um recorte temporal significativo (25 anos).

Rodrigues (2003) propôs a construção interdisciplinar de um indicador sintético capaz de descrever a susceptibilidade à desertificação dos municípios do Ceará, a partir da técnica multivariada análise fatorial.

Considerando a temática da desertificação e relacionando-a a sazonalidade da precipitação, a região semiárida paraibana também foi alvo de estudos de outros autores que visaram essa perspectiva. Cita-se como exemplo Conti (1995) quando realizou um estudo feito para 34 localidades do semiárido, incluindo a paraibana, e Silans et al. (2002), ao fazer um estudo semelhante ao de Conti (1995).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

[...] os geógrafos tem que trabalhar para conquistar esse espaço [próprio], que, no entanto, precisa ser interdisciplinar e se esgota em si mesma [...] é falta de alimentação.

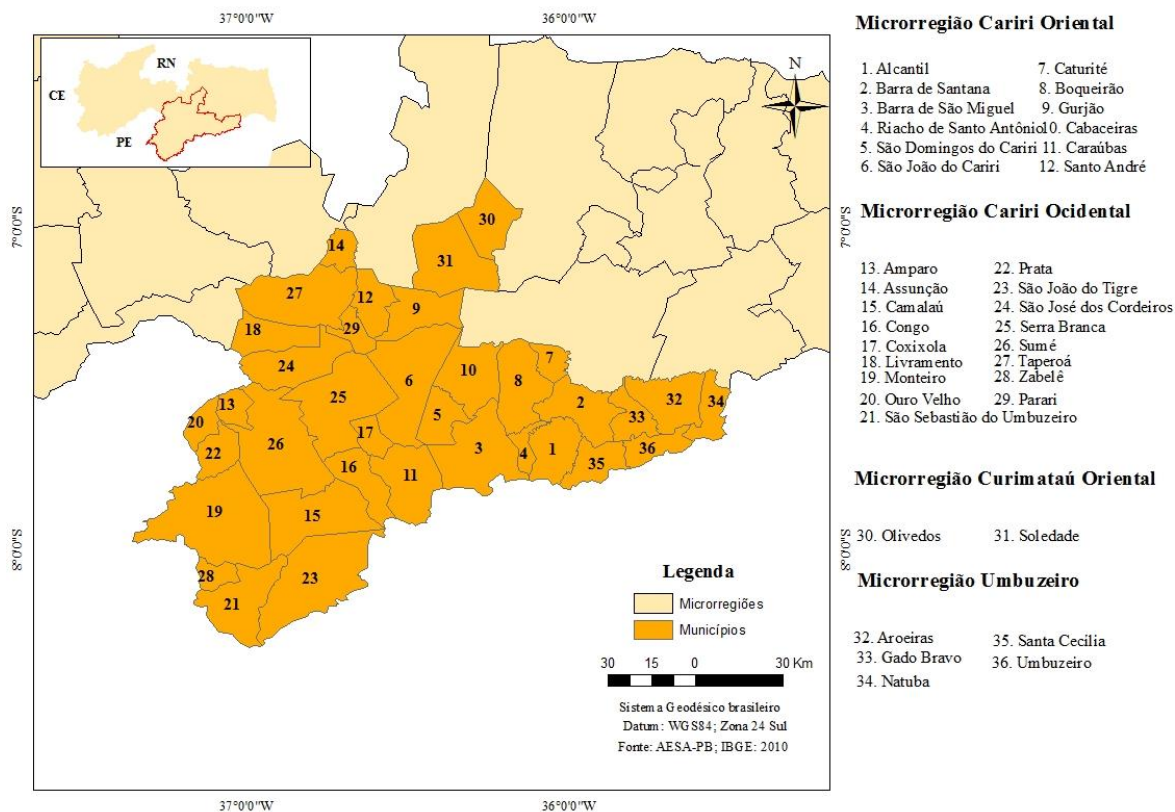
(SPERIDIÃO FAISSOL, 1989, p. 17)

3.1 Área de estudo

A área selecionada para o estudo compreende os Cariris Velhos (Figura 2), trecho que fica à montante do principal reservatório hídrico do Estado da Paraíba, o Açude de Boqueirão, perfazendo uma área de 13.287,536 km², o equivalente a 23% do Estado. Está inserida no domínio das caatingas, com clima tropical equatorial (2d) apresentando de 9 – 11 meses secos (MEDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Por estar localizada no centro sul do estado da Paraíba, num eixo que se distância de 180 a pouco mais de 300 km de João Pessoa, faz fronteira ao norte com a sub-bacia do Taperoá, ao sul e a oeste com o estado de Pernambuco e a Leste com a região do médio curso do rio Paraíba.

Figura 3 – Mapa de localização do alto curso do rio Paraíba.



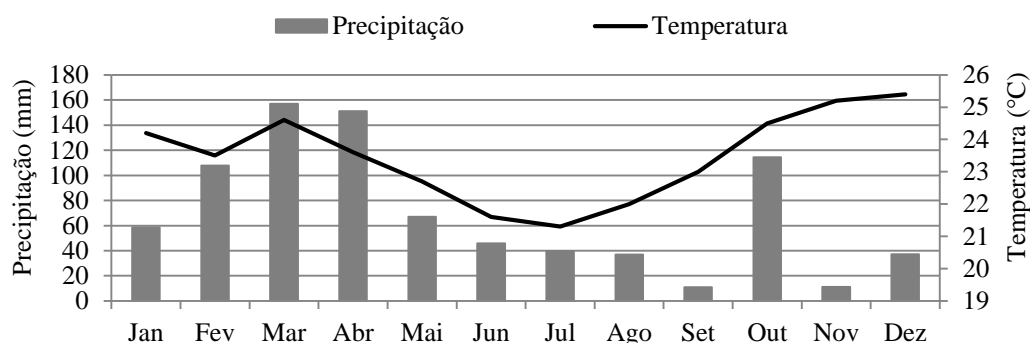
Fonte: Mônica Macêdo.

As características físicas dessa área permitem diagnosticar que ela é tida como uma das mais secas do Estado da Paraíba e até do semiárido nordestino, por estar localizada no Planalto da Borborema, no anteparo dos ventos de sudeste, o que constitui uma barreira para umidade, configurando essa condição de seca.

De acordo com Velloso et al (2002) fica à sombra do Planalto supracitado, mais precisamente na depressão Sertaneja Setentrional. Devido a essa posição e das variações topográficas, a sazonalidade da precipitação apresenta-se muito forte, variando de 300 mm anuais no núcleo mais seco (polo xérico), a oeste, até 800 mm em sua parte mais ao sul.

Suas taxas de evapotranspiração e índices de rarefação são altos, assim como o albedo em alguns lugares onde não há a ocorrência de vegetação. A umidade relativa é baixa (cerca de 50 %) e a temperatura do ar pouco varia, registrando médias anuais entre 24°C e 28°C (AESA,1990).

Gráfico 1 – Normais climatológicas mensais acumuladas da precipitação e médias da temperatura entre 1961-1990 na estação meteorológica de Monteiro-PB.



Fonte: INMET (1990).

Pedologicamente, os solos que são encontrados nessa região apresentam uma grande variedade (não só em relação às classes, mas a diversas associações). São originários do embasamento cristalino e são caracterizados por apresentar limitações edáficas: solos rasos, argilosos, pouco lixiviados, com predomínio de erosão laminar e fertilidade, destacando-se os do tipo Luvisolo Crômico, Neossolo Litólico, Vertissolo Hidromórfico e Neossolo Flúvico (SOUZA, 2009; 2012).

Os Cariris Velhos se encontram em altíssimo nível de degradação, restando alguns resquícios de vegetação nativa, devido aos processos antrópicos, sendo a agricultura e a pecuária intensiva, sobretudo com a criação de caprinos, uma das principais atividades econômicas no local. Acrescenta-se a essas atividades o longo histórico de corte da vegetação para a produção do carvão e da lenha.

O porte da vegetação que se estabelece devido às características físicas supracitadas e ao antropismo varia desde estratos de caatinga com espécies arbóreas a espécies arbustivas abertas (SOUZA, 2008), além de “ilhas” de florestas úmidas (brejos de altitude, de acordo com IBGE 2012) em áreas que superam os 800 metros, vegetação típica de mata atlântica em sopés de serras e lajedos, e a presença de cactáceas e bromeliáceas em ambientes mais secos e rochosos (figura 2), situados em vales inferiores aos 500 metros.

3.2 Aparato estatístico e instrumentos de apoio

3.2.1 Softwares utilizados

Quanto aos *softwares*, foram utilizados o Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas (SPRING)⁸, na versão 5.2.6, o *software* R, o ERDAS imagine, versão 9.1 e o no ArcGis, versão 10.2, para elaboração das cartas temáticas. O SPRING e o R são softwares gratuitos, e estão disponíveis na internet nos sítios (<http://www.dpi.inpe.br/spring/>) e (<http://www.r-project.org/>), respectivamente.

3.2.2 Análise fatorial em Componentes Principais (ACP)

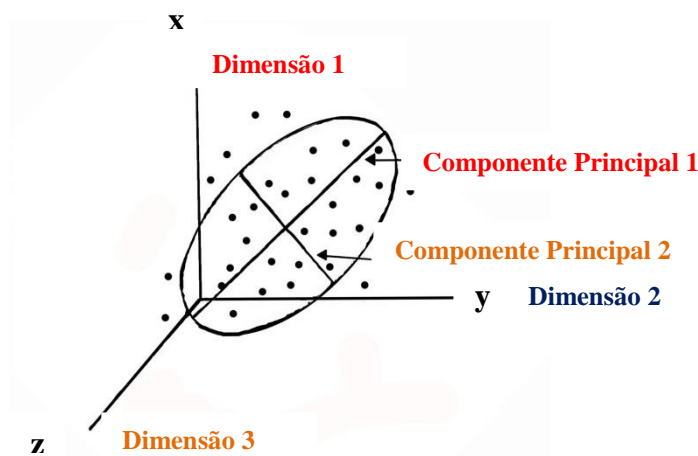
O foco central dessa análise é construir fatores independentes capazes de representar grande proporção da variabilidade dos dados. Na literatura existente, há diferentes tipos de fatores, dentre os quais dois se destacam: a análise de componentes principais e a fatoração por eixos principais. Ambas são reducionistas, cujas principais características são descritas como segue:

- Os eixos originais correspondem a variáveis originais;
- O maior eixo do elipsóide formado equivale a uma nova variável, que por sua vez é uma combinação linear das variáveis originais; e por fim
- A nova variável formada (fator) capta o máximo que puder da variabilidade dos dados

Para melhor entendimento da técnica, toma-se como exemplo a interpretação geométrica da análise fatorial (Figura 8):

⁸Como forma de auxílio e para efeito de ligação da desertificação com os produtos gerados, gerou-se a carta temática de uso e ocupação do solo para o recorte de 80, obedecendo as tipologias da caatinga definidas por Sousa (2008) através do método de classificação não supervisionada Iseseg, por meio do *Software* SPRING na versão 5.6. O mapa encontrasse do apêndice deste trabalho.

Figura 4 – Interpretação geométrica da análise fatorial.



Fonte: Adaptado de Rogerson (2012).

De acordo com Rogerson (2012), a figura acima representa uma figura elipsoidal contendo a maioria dos pontos de dados. Assim, um conjunto de dados consistindo em n observações e p variáveis poderá vir a ser representado através de gráfico, em um espaço p -dimensional (MANLY, 2008).

De modo análogo ao exemplo ilustrativo acima, procurou-se trabalhar na pesquisa apenas as primeiras dimensões, por dois motivos:

- Por ser de fácil visualização; e
- Por concentrar grande proporção da variabilidade dos dados.

3.2.3 Teste de Pettit

O teste não paramétrico de Pettit (PETTIT, 1979), versão baseada no teste de Mann Whitney, tem por objetivo principal verificar se duas amostras X_1, \dots, X_t e X_{t+1}, \dots, X_T são provenientes de uma mesma população. Deste modo, a estatística $U_{t,T}$ fará uma contagem do número de vezes em que o valor da primeira amostra é maior do que o valor da segunda, permitindo assim detectar possíveis mudanças nas serie estudada. Esta estatística pode ser escrita de acordo com a seguinte equação:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sng}(y_t - y_j) \quad (1)$$

A estatística $U_{t,T}$ localiza o ponto em que houve a ruptura da serie temporal. Neste caso, a hipótese a ser testada será:

H_0 : Não existe a ruptura da serie $(X_i)_{i \in \mathbb{N}}$

3.3 Construção e tipo de análise da base de dados

O banco de dados organizado para esta pesquisa foi construído a partir da base de indicadores propostos por Sampaio (2003) e Matallo Júnior (2001). Porém, além de nem todos os que foram propostos explicarem a realidade estudada no CV, há a dificuldade de se encontrar dados com recortes temporais significativos.

Segundo os pesquisadores mencionados, o quadro da desertificação só é instaurado quando a mudança é observada em recortes temporais superiores aos 10 anos, considerando também que, devido ao conceito aplicado, há a necessidade de integrar um conjunto de indicadores e só então proferir o diagnóstico.

Durante a coleta, constatou-se certa dificuldade, justamente pelo fato dos indicadores disponíveis para o estudo estarem em escalas diferentes e mesmo os considerando na mesma faixa temporal. Não houve sinergia entre eles quanto ao período de coleta pelos órgãos responsáveis, mesmo assim procurou-se enquadrá-los seguindo alguns critérios que serão explicitados mais a frente.

Seguindo parte da proposta de Sampaio (2003), os indicadores que foram escolhidos estão enquadrados em fatores e por temas e estes, por sua vez, em dimensões, tendo como resposta final o diagnóstico da desertificação conforme explicitado na tabela 4.

Tabela 4 – Tipos de informações consideradas para a coleta de indicadores.

Fatores	Tema	Dimensão	Resposta
Ambientais	clima	ambiental	degradação intensa ↓ (desertificação)
	cobertura vegetal e temperatura	ambiental	
Sociais e Econômicos	uso da terra	econômica	
		agropecuária	
	produção agrícola e animal		
	dinâmica populacional	social	

Fonte - Adaptado de Sampaio (2003) e Matallo Júnior (2001).

A partir das técnicas aplicadas, as informações foram organizadas na forma de gráficos, figuras e tabelas, que serviram de base para levantar algumas suposições e ver até que ponto esses indicadores podem estar relacionados.

3.3.1 Fatores Ambientais

3.3.1.1 Precipitação pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos a partir de órgãos responsáveis por coleta de dados climatológicos e de instituições que fazem uso de dados deste tipo. Foi possível coletá-los na Unidade de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (UACA-UFCG), na Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESA) e no sítio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A análise pautou-se na utilização dos dados dos postos pluviométricos distribuídos dentro da área de estudo e no seu entorno, em três recortes temporais, sendo o primeiro formado pelos anos de 1985 e 1989, o segundo por 1990 e 1995 e o terceiro por 2004, 2005, e 2007. O critério definido para esses recortes foi à escolha de uma série que não contemplasse falhas e estivesse dentro do recorte dos anos das imagens de satélite escolhidas para análise. Devido a essas questões, a análise ficou restrita apenas aos anos das imagens.

Diante disso, a precipitação foi analisada da seguinte forma:

- Os padrões dominantes da variabilidade pluviométrica (variância total) dos recortes foram determinados a partir da aplicação da técnica Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP) culminando na espacialização dos resultados por interpolação dos dados;
- A ACP foi aplicada baseando-se na matriz de correlação, de forma que os autovetores para cada modo representassem padrões de correlação e sinais correspondentes (modo S), Richard (2006), às contribuições da precipitação nos períodos secos, chuvosos e de transição, devido à atuação de determinados sistemas atmosféricos e anomalias climáticas considerando os recortes temporais estudados;
- E o modo T, que considera a variabilidade da precipitação no tempo e no espaço (RICHARD, 2006);
- O número de componentes escolhidas para análise foi baseado no critério de truncamento de Kaiser, considerando como mais significativos os autovalores superiores a um (WILKS, 2006).
- Foi realizado o teste de tendência de Pettit apenas da série de precipitação mensal do pluviômetro Ville, localizado em São João Do Cariri, por considerar os seguintes motivos:
- Os dados obtidos dos geotermômetros de 5 a 10 cm de profundidade são decorrentes da mesma estação de coleta. Foram considerados valores críticos de 0,01, 0,05 e 0,10, isto é, adotando níveis de confiança de 90%, 95% e 99 %;
- Por ser representativa de áreas de caatinga antropizada e consequentemente de áreas susceptíveis a desertificação;

3.3.1.2 Cobertura vegetal e Temperatura da Superfície

3.3.1.2.1 Coleta de dados orbitais

Devido à dimensão da área de estudo foram necessárias três imagens para compor os mosaicos que representassem cada década analisada. Dessa forma, realizou-se a seleção de nove imagens provenientes do sensor TM, a bordo do satélite Landsat-5, adquiridas junto ao sítio da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), considerando para uma melhor aplicabilidade do Sensoriamento Remoto à cobertura espacial

estudada uma menor concentração de nuvens, ausência de ruídos e outros fatores que causam interferência na resposta espectral dos alvos (Tabela 5). Todas as imagens foram tratadas separadamente, antes da composição do mosaico.

Tabela 5 – Datas das imagens Landsat TM 5 e parâmetros utilizados na determinação da calibração radiométrica.

Década 1			
DDA	148	214	214
Data da Imagem	28/05/1985	02/08/1989	02/08/1989
E (°)	48,7564	44,5589	44,4382
Cos Z	0,7516	0,7016	0,7001
Ponto/Órbita	214/65	215/65	215/66
dr	0,9727	0,9717	0,9717
Década 2			
DDA	192	169	105
Data da Imagem	11/07/1995	18/06/1990	15/04/1990
E (°)	38,9719	42,0949	48,2126
Cos Z	0,6289	0,6704	0,7457
Ponto/Órbita	214/65	215/65	215/66
dr	0,9674	0,9679	0,9923
Década 3			
DDA	127	210	192
Data da Imagem	07/04/2007	29/07/2005	10/07/2004
E (°)	57,5157	49,020	44,9234
Cos Z	0,8435	0,7548	0,7062
Ponto/Órbita	214/65	215/65	215/66
dr	0,9967	0,9706	0,9674

DDA- Dias decorridos no ano, E- Ângulo de elevação solar, Z- Ângulo zenital solar, dr- Distância relativa Terra-Sol.

Fonte: INPE.

Além de atenderem a essas exigências, considerou-se também o mesmo critério estabelecido por Sousa (2008) em relação à área de estudo, que selecionou imagens apenas do período chuvoso e de transição, devido à resposta apresentada pela vegetação da caatinga aos efeitos do período seco.

Na tabela 5 são apresentados os coeficientes de calibração utilizados na análise, bem como as irradiancias espectrais no topo da atmosfera ($K_{\lambda b}$) oriundas das i bandas reflectivas (onde $i = 1, 2, 3, 4, 6$ e 7).

Tabela 6 – Descrição das bandas do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5 com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

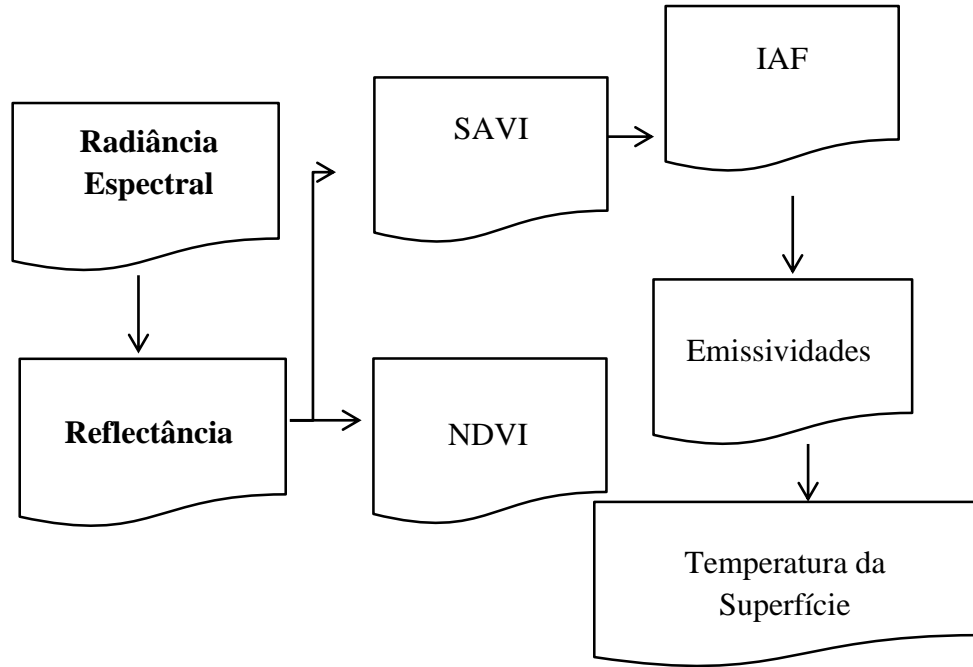
Banda	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de calibração (Wm ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹)				Irradiância Espectral no TOA – Kλ,b
		a	b ⁹	b	b	
1 (azul)	0,452 – 0,518	-1,52	152,10	193,0	169,0	1983
2 (verde)	0,528 – 0,609	-2,84	296,81	365,0	333,0	1796
3 (vermelho)	0,626 – 0,693	-1,17	204,30	264,0	264,0	1536
4 (IV- próximo)	0,776 – 0,904	-1,51	206,20	221,0	221,0	1031
5 (IV-médio)	1,567 – 1,784	-0,37	27,19	30,2	30,2	220
6(IV-termal)	10,45 – 12,42	-1,2378	15,303	15,303	15,303	-
7(IV- próximo)	2,097 – 2,349	-0,15	14,38	16,5	16,0	83,44

Fonte: Chander et al. (2009).

Em relação à execução do processamento de cada imagem (considerando todas com datum WGS84) utilizou-se a ferramenta Model Maker do *Software* ERDAS imagine, versão 9.1, para excursão de parte da rotina do algoritmo SEBAL. Com os produtos gerados (Esquema 1) foi elaborado, no ArcGis, versão 10.2, as cartas temáticas.

⁹Onde b⁹ corresponde coeficiente de calibração anterior a maio de 2003, b está compreendido entre maio/2003 e abril/2007 e b após abril de 2007 (Chander et al. 2009).

Figura 5 – Etapas destinadas à obtenção dos produtos gerados (NDVI, SAVI, IAF e Tsup) a partir das imagens seleccionadas, com parte da rotina do algoritmo SEBAL.



Procurando entender melhor a dimensão ambiental dos CV foram feitos 4 trabalhos de campo. Em janeiro de 2013, foram percorridos os municípios de Cabaceiras, São João do Cariri, Serra Branca, Sumé, Coxixola, Prata, Ouro Velho e Monteiro. Em outubro, novembro e dezembro de 2014 foram visitadas as áreas de Cabaceiras e Camalaú e Congo.

Radiância espectral

Conforme descreve diagrama ilustrativo, após a escolha de uma base consistente, seguiu-se com a do cálculo da radiância espectral de cada banda ($L_{\lambda i}$), ou seja, a calibração radiométrica, em que o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral sendo efetivada segundo a equação 1 (MARKHAM e BAKER, 1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{255} \right) ND \quad (1)$$

onde a e b^{10} são as radiâncias espectrais ditas mínima e máxima ($W/m^2/sr/\mu m$), ND é a intensidade do pixel (0 a 255); e i corresponde as bandas do satélite Landsat 5/TM.

¹⁰Os valores dos coeficientes a e b utilizados nessa pesquisa encontram-se em Chander et al. (2009).

Reflectância

O cálculo da reflectância planetária monocromática de cada banda (ρ_{λ_i}), definida como sendo a razão entre o fluxo da radiação solar refletido e o fluxo da radiação solar incidente, foi obtido segundo a equação de Bastiaanssen (1995).

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

no qual L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda, k_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($W/m^2/mm$), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), que de acordo com Iqbal (1983), é dado por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos(DSA \cdot 2\pi / 365) \quad (3)$$

Depois de geradas a radiância e a reflectância calcula-se o índice *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que consiste na razão entre a diferença das refletividades do IV-próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V), pela soma das mesmas, descrita pela seguinte proporção:

$$NDVI = \left(\frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \right) \quad (4)$$

O índice SAVI é um tipo de estimativa que busca amenizar os efeitos do solo. Os valores obtidos estão contidos numa escala que varia de -1 a 1. No caso do SAVI, utilizou-se o valor de L como sendo 0.5 (Silva et al, 2005). Deste modo, têm-se as seguintes equações:

$$SAVI = \left(\frac{(1 + L_s)(\rho_{IV} - \rho_V)}{L_s + \rho_{IV} + \rho_V} \right) \quad (5)$$

Para esta pesquisa, adotou-se 0,5 para a constante L (PONZONI, 2009; SHIMABUBUKURU, 2009) por considerar como sendo um valor ótimo para médias densidades da vegetação, uma vez que este valor engloba uma maior variação das condições da vegetação, conforme explica Viganó (2011).

O Índice de Área Foliar (IAF) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é um indicador da

biomassa de cada pixel da imagem e o mesmo foi obtido, nesse estudo, pela equação (6) empírica proposta por ALLEN et al. 2002:

$$IAF = -\frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (6)$$

Foi a partir do NDVI e do SAVI que se pôde calcular as emissividades necessárias para realizar a estimativa da Temperatura da Superfície. Estas são descritas como:

- A emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal ϵ_{NB} (10,4 – 12,5 μm); e
- A emissividade descrita sob o domínio da banda larga ϵ_0 (5 – 100 μm).
- A emissividade descrita sob o domínio da banda larga ϵ_0 (5 – 100 μm).

Allen e al. (2002) afirma que elas podem ser obtidas do seguinte modo:

- $\epsilon_{NB} = 0,97 + 0,00331 \times NDVI = \left(\frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)}\right) \quad (7)$
- $\epsilon_0 = 0,95 + 0,01 \times IAF$

Assim, a partir do que foi anteriormente descrito, pode-se obter a Temperatura de Superfície (T_{sup}), através da seguinte equação:

$$T_s = \frac{K_2}{L_n\left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (8)$$

Em que $K_1 = 607,76 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu m$ e $K_2 = 1260,56 \text{ K}$ constantes de calibração da banda termal do TM - Landsat 5 de acordo com Allen et al., (2002).

Após o calculo dos aspectos físicos, foram realizados os cálculos dos parâmetros descritivos média, desvio padrão, coeficiente de variação além do enquadramento dos valores de pixels em classes estatísticas. As classes definidas foram associadas às tipologias da vegetação, seguindo o que foi definido por Souza (2008), conforme explicitado na tabela 7.

Tabela 7 – Relação das tipologias da caatinga, de acordo com Souza (2008), com as classes dos índices de vegetação (IAF e SAVI) e da Temperatura da Superfície (Tsup).

Tipologias definidas por Souza (2008)	IAF	SAVI	Temperatura da Superfície
Água/Sombra de nuvens	< 0	< -0,21	< 15
Solo exposto	0 -- 1	-0,21 -- -0,13	15 -- 19
Caatinga arbóreo - arbustiva fechada	1 -- 2	-0,13 -- 0	19 -- 23
Caatinga arbustivo - arbórea fechada	2 -- 3	0 -- 0,23	23 -- 27
Caatinga arbustiva fechada	3 -- 4	0,23 -- 0,43	27 -- 31
Caatinga semiaberta	4 -- 5	0,43 -- 0,63	31 -- 35
Caatinga aberta	>5	>0,63	>35

3.3.2 Fatores sociais e econômicos

No que diz respeito aos fatores sociais e econômicos coletados dados de diferentes órgãos:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram obtidos dados do censo demográfico de 1980, 1991, 2000 e 2010 e do censo agropecuário de 1980, 1985, 1995, 2006;
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) foram obtidos dados do Atlas do Desenvolvimento Humano de 1998 e 2013;

O quadro abaixo descreve os tipos de variáveis coletadas (indicadores) dos órgãos acima mencionados.

Tabela 8 – Informações coletadas do IBGE.

Fatores	Dimensões
Sociais e Econômicos	AGROPECUÁRIA
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quantidade produzida (milho e feijão); ▪ Pessoal ocupado nas atividades agropecuárias;
	AGROPECUÁRIA
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de cabeças dos principais rebanhos (bovino, caprino, ovino); ▪ Área de pasto (natural e plantado); ▪ Carga animal.
	SOCIAL
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ População rural economicamente ativa; ▪ Índice de desenvolvimento humano municipal de renda.
	ECONÔMICO
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Situação rural; ▪ Densidade demográfica; ▪ Índice de desenvolvimento humano municipal; ▪ Índice de Gini.

Fonte: IBGE e PNUD

Levando em consideração o fato de que foram utilizados dados do PNUD e que eles estão disponíveis no nível político administrativo municipal, e os dados dos recenseamentos anteriores a 1990 do IBGE, que estão disponíveis para coleta, também se encontram nesse nível, optou-se por considerar os dados municipais.

Diante disso, os indicadores de dimensão agropecuária, econômica e social foram analisados da seguinte forma:

- A Análise fatorial R foi aplicada baseando-se na matriz de correlação, de

forma que os autovetores para cada modo representassem padrões de correlação e sinais correspondentes às contribuições dos indicadores considerando anos estudados;

- Foram traçados perfis explicativos a partir do conjunto de indicadores coletados, considerando os três primeiros componentes mais explicativos;
- Cada perfil foi definido considerando o grau de correlação do indicador na componente;
- A escolha dos componentes foi feita pelo critério de truncamento de Kaiser, isto é, considerando como mais significativos os autovalores superiores a um (HAIR *et al*, 2009).

3.4 Análises dos indicadores e diagnóstico da desertificação

Para efeito de comprovação da eficácia dos procedimentos metodológicos adotados, foram feitas análises preliminares e apontaram que os indicadores que compõem o diagnóstico da desertificação não podem ser analisados de maneira integrada, pelo menos para os dados e pela escala que foram considerados para essa pesquisa.

Foi verificado que as particularidades de cada dimensão estudada levam ao entendimento de que a desertificação é recorrente nos Cariris Velhos e, por isso, considerou-se analisar de como esses indicadores evoluem temporalmente.

Figura 6 – Esquematização da desertificação.



Fonte : Elaborado pela autora.

3.4.1 Análise dos fatores físicos

Os níveis de susceptibilidade à desertificação definidos a partir dos fatores físicos foram estabelecidos a partir das tipologias da vegetação definidos com o Índice IAF, conforme explicitado na tabela 9, de modo que quanto mais esparsa a vegetação mais grave o nível de susceptibilidade à desertificação.

Tabela 9 – Níveis de susceptibilidade à desertificação enquadrados pelas classes de solo exposto nos Cariris Velhos.

Tipologia de Caatinga	IAF	T(sup)	Nível de susceptibilidade
Caatinga arbóreo - arbustiva fechada e Caatinga arbustivo – arbórea fechada			Áreas não desertificadas
Caatinga arbustiva fechada			Desertificação moderada
Caatinga arbustiva semiaberta			Desertificação grave
Caatinga aberta e solo exposto			Desertificação muito forte

3.4.2 Análise dos fatores sociais e econômicos

Para a análise dos fatores sociais e econômicos, foi definido um critério de classificação, conforme estabelecido na tabela 9, que procurou associar os níveis de Susceptibilidade à desertificação aos valores relacionados a cada indicador de maior contribuição para cada Censo coletado a partir dos perfis gerados pela análise fatorial em componentes principais.

Tabela 10 – Classificação atribuída aos municípios em relação aos perfis encontrados a partir da análise fatorial em componentes principais.

Combinações	Classificação dos Municípios em Relação aos Perfis Encontrados	Níveis de Suceptibilidade à desertificação
1	Levemente Declinante e em Ascensão /Declinante e em Ascensão /Em Ascensão	Forte
2	Crescente e em Ascensão/Declinante e em Ascensão /Em Ascensão	Moderada
3	Em Ascensão/Constante e em Crescimento/Declinante e Crescente	
4	Em Ascensão /Constante e em Crescimento /Crescente e Constante	Fraca
5	Ascensão /Leve Crescimento e em Crescimento /Crescente e Levemente Constante	

Deste modo, considerando as delimitações municipais estabelecidas em meados da década de 90, a análise estatística dos fatores sociais e econômicos foi dividida em dois momentos:

- ACP calculada para os indicadores coletados nos Censos de 1980, 1985, 1991 e 1995; e
- ACP calculada para os indicadores coletados nos Censos de 2000, 2006 e 2010.

Foi utilizado a formula da taxa de crescimento, conforme explicita a equação 9, adaptada do IBGE (2010) com o intuito de mostrar a porcentagem de crescimento dos indicadores no decorrer dos anos estudados obedecendo os recortes definidos com as municipalizações:

$$\text{Taxa de Crescimento} = \left(\left(\frac{\text{censo Anterior} - \text{censo mais recente}}{\text{censo mais recente}} \right)^{\frac{1}{x}} - 1 \right) * 100 \quad (9)$$

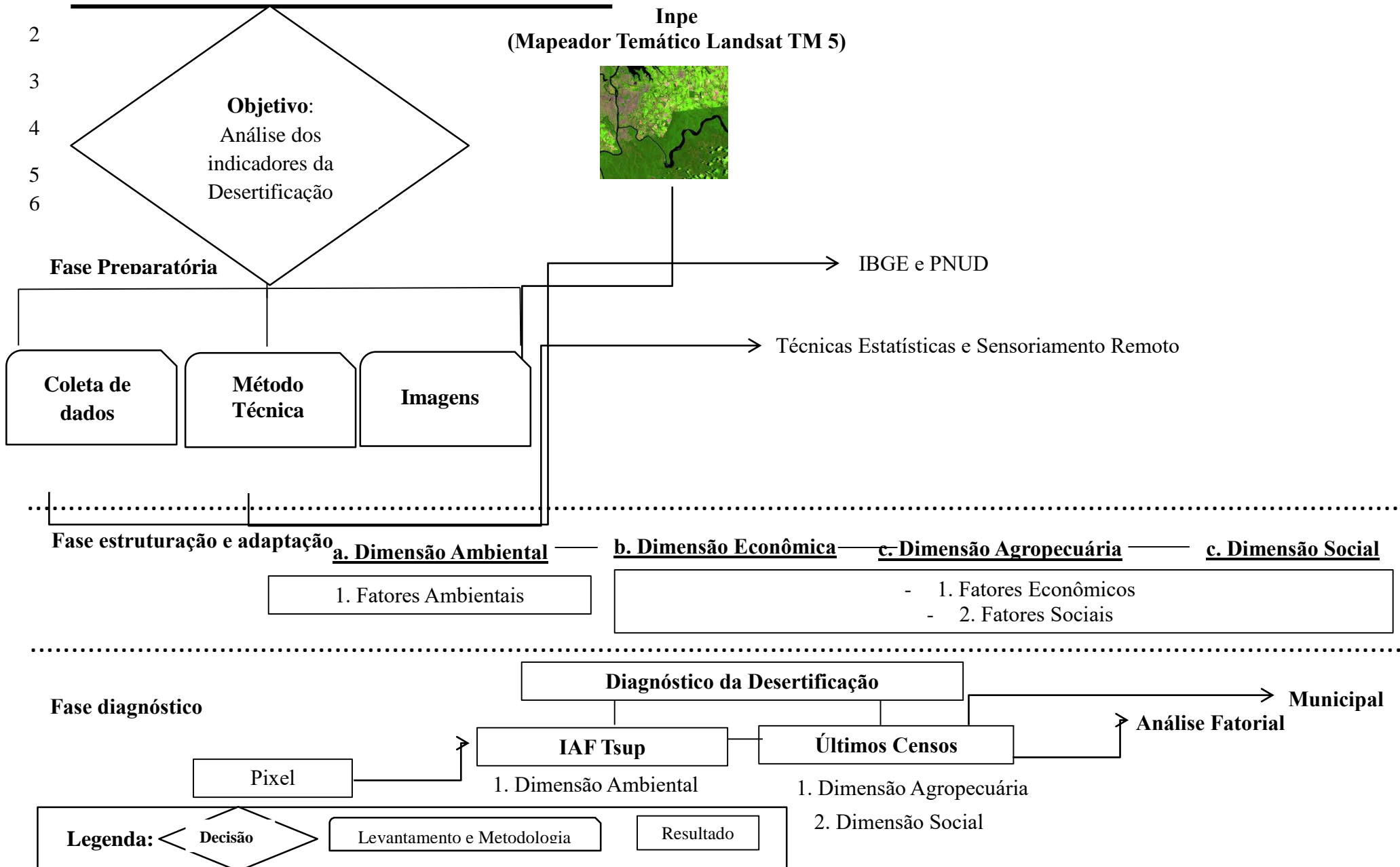
onde x é o número de anos decorridos.

Após isso, foi gerado o mapa temático considerando a análise dos indicadores em todos os anos de coleta e das taxas de crescimento, como também os indicadores mais explicativos dos perfis gerados.

Sendo assim, uma análise integrada para esta pesquisa leva em consideração a análise dos aspectos físicos de maneira separada e os reflexos que estes aspectos possam vir a causar nos aspectos sociais econômicos e agropecuários. Deste modo, os seguintes passos foram adotados:

- a) Análise, temporal, do comportamento dos indicadores relacionados aos aspectos físicos fundamentando-se em bases estatísticas e literaturas já consolidadas;
- b) Elaborar o programa no R para efetuar a análise de componentes principais para descrição dos aspectos sociais econômicos e agropecuários;
- c) Efetivar as análises;
- d) Definir o perfil de cada recorte estudado;
- e) Espacializar as classificações obtidas a partir dos perfis traçados; e por fim
- f) Relacionar os resultados ao diagnóstico da desertificação.

1 **Figura 7 - Roteiro Metodológico**



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

“Eu sou de uma terra que o povo padece
 Mas não esmorece e procura vencer.
 Da terra querida, que a linda cabocla
 De riso na boca zomba no sofrer
 Não nego meu sangue, não nego meu nome
 Olho para a fome, pergunto o que há?”
 (SILVA, 1978, p. 118).

4.1 Caracterização multitemporal dos indicadores de desertificação nos Cariris Velhos (CV)

Conforme vem sendo enfatizado no decorrer desta pesquisa, o conceito de desertificação é formado por um conjunto de aspectos, de modo que apenas um indicador não possibilita inferir sobre este processo. Neste caso, a sistematização dos indicadores torna-se necessária.

Entretanto, é preciso estar atento na maneira como esses indicadores vão se relacionar, bem como as suas particularidades, para só então compor o diagnóstico da desertificação. Neste sentido, sugere-se que para a caracterização dos Cariris Velhos (CV) os indicadores precisam ser avaliados individualmente devido às particularidades de cada um.

Sobre o histórico dos indicadores explorados nesta pesquisa, diversos autores já se encarregaram de descrevê-los de forma detalhada a área estudada, ainda que o objeto de estudo de alguns não tenha sido a desertificação. Dentre os quais merecem ser citados Souza (1999 e 2008), Nascimento (2013), Travassos (2012), entre outros.

Todos expressam, através dos indicadores, as fragilidades existentes, mesmo que cada um contemple partes diferentes da área de estudo, porém consideram um ambiente completamente vulnerável, com solos rasos e pouco lixiviados em boa parte da área, características edafoclimáticas peculiares que, quando aliadas a questões sociais e econômicas, podem repercutir significativamente no dia a dia da população.

Assim, este capítulo procurou não só descrever historicamente, como em tantos outros trabalhos, mas entender de que modo os indicadores contribuem para o processo de desertificação, a fim de caracterizar e, até, classificar os municípios baseando-se nas características (indicadores) selecionadas.

4.1.1 Aspectos Físicos

4.1.1.1 Precipitação pluviométrica

Em função dos resultados obtidos com a aplicação da técnica ACP utilizando dados dos anos correspondentes às imagens estudadas, foram identificados três padrões (fatores) pluviométricos, baseados no critério de Kaiser (CORRAR et al., 2007; HAIR et al, 2005; RICHMAN, 1986), que explicam, cada um, cerca de 60% da variância total dos dados de precipitação. De acordo com os dados analisados, verifica-se que as chuvas nos CV são fortemente explicadas por características peculiares da dinâmica da circulação atmosférica (NIMER, 1989), anomalias climáticas e de um fator preponderante que é a localização geográfica dos CV.

O gráfico 2 revela o primeiro fator comum gerado para cada recorte estudado. Em síntese, esse fator descreve os meses em que se concentram boa parte das chuvas que ocorrem nos CV. No caso, o quadrimestre mais chuvoso que é março, abril e maio para o recorte temporal de 80 e 90 e para o recorte temporal de 2000 o “segundo momento” chuvoso junho, julho e agosto.

A linha que corresponde o recorte temporal de 80 registra correlações altamente significativas, entre 0,6 e 0,82 para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril, revelando que esse recorte que representa boa parte da variância total (27,88%) é explicada por esses meses, concentrando-se neles a maior concentração da precipitação para esse recorte.

Durante essa época, janeiro e fevereiro registraram vórtices ciclônicos de alto nível (alterações no tempo) de dez dias em média, que costumam atuar durante os meses de dezembro, janeiro ou até mesmo fevereiro no nordeste (MOLION, 2002). É o que se costuma denominar de início do período chuvoso.

Em relação aos demais meses houve correlações isoladas, chuvas isoladas, em maio (-0,2), pouca chuva, junho (0,4) e setembro (0,4), entre julho e agosto (próximo a -0,2) e correlações muito próximas entre outubro, novembro e dezembro (entre -0,1 e 0,2). Devido à forte sazonalidade registrada para essa região, esses meses são denominados meses secos, daí as baixas correlações registradas.

Para o recorte temporal de 90, ainda de acordo com o gráfico 2, a situação das chuvas muda em relação ao recorte temporal de 80. Boa parte da variância total, 24%, é explicada pelos meses de junho, julho e agosto (altas correlações entre 0,80 e 0,65), sugerindo que esta alteração pode ter sido ocasionada pela anomalia climática El Niño, com variabilidades

climáticas na escala estacional (100 dias) e interanual (1000 dias), que para os anos estudados do recorte registrou intensidades forte e moderada, conforme será visto mais adiante.¹¹ Sugere-se que houve, provavelmente, um reposicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que normalmente já não atua com grandes intensidades durante esses meses conforme destaca Ferreira (1996).

Em relação aos demais meses, observa-se correlações isoladas em janeiro (-0,1) e fevereiro (-0,2), março (0,1) e abril (0,1) e novamente correlações muito baixas entre setembro, outubro, novembro, dezembro e janeiro (entre -0,1 e 0,2). Esses foram os meses em que para esse recorte o CV registrou baixos índices pluviométricos.

O Recorte temporal de 2000, com 23 % da variância explicada, possui as maiores correlações mais concentradas nos meses de maio, junho, julho e agosto (na faixa de 0,45 e 0,85), baixas correlações entre dezembro, janeiro e fevereiro (entre 0,1 e -0,2) e março e abril (0,1) e de setembro a dezembro (entre -0,1 e 0,1).

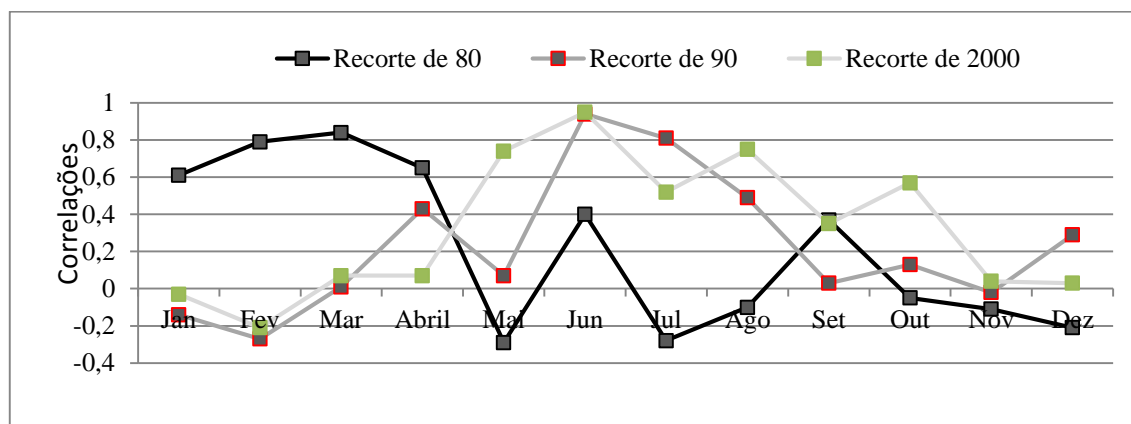
Os anos definidos para esse recorte foram considerados de El Niño fraco, o que implica dizer que este resultado da variância pode ter sofrido interferência de outros sistemas meteorológicos, além da ZCIT, como a atuação das ondas de leste ou linhas de instabilidade (FERREIRA, 1996).

No geral, a gráfico 2 revela que as chuvas ocorridas no Recorte temporal de 80 foram mais concentradas e no período em que normalmente costuma ocorrer as chuvas, isto é, março e abril, sendo que com início em fevereiro. No recorte temporal de 90, as chuvas são menos concentradas, com menor intensidade em relação ao recorte anterior, menores correlações e ocorreram com mais intensidade a partir de maio.

Para o recorte temporal de 2000, as intensidades da precipitação ainda conseguem ser menores no que os dois recortes anteriores, entretanto registra que as chuvas estão concentradas no mesmo período do recorte temporal de 90. Essas tendências podem estar relacionadas com a ocorrência do La Niña e do El Niño que acabam por influenciar na quantidade de chuvas nos CV.

¹¹A lista completa com os anos de ocorrência do El Niño e da La Niña encontra-se no apêndice deste trabalho.

Gráfico 2 – Séries temporais das cargas fatoriais (correlações) para o primeiro fator comum da precipitação, em modo T, explicando 27,88%, 24% e 23% da variância nos Cariris Velhos para os três recortes temporais estudados.



A distribuição espacial relacionada recorte temporal de 80, conforme mostra a figura 8a, apresenta contribuições (cargas fatoriais) positivas (maior concentração de chuvas) superiores a 0,5 na porção leste dos Cariris Velhos, onde estão localizados os municípios de Natuba (34), Aroeiras (32), Gado Bravo (33), Santa Cecília (35), Umbuzeiro (36), atual Microrregião de Umbuzeiro, Caturité (7) e parte de Boqueirão (8), Microrregião do Cariri Ocidental.

De modo contrário, ainda de acordo com a figura 8a, pode-se perceber que existe uma homogeneidade (na cor azul mais clara), caracterizada por uma menor concentração de chuvas, nas porções norte, nordeste e oeste, entretanto com contribuições negativas nos municípios de São José dos Cordeiros (24), Sumé (26), Amparo (13), Serra Branca (25) e Coxixola (17).

Nas demais áreas, observa-se contribuições positivas, mesmo que menores que as observadas na parte leste em Monteiro (19), Zabelê (28), São Sebastião do Umbuzeiro (21), São João do Tigre (23) e Congo (16). Todos esses municípios estão localizados na porção sul da área estudada onde se concentram as maiores altitudes. Eles fazem fronteira com Pernambuco, onde podem ser encontrados os chamados brejos de altitude.

Existem alguns fatores geográficos e atmosféricos primordiais que fazem com que os CV se tornem uma área menos chuvosa, dois deles são a altitude e as vertentes opostas ao planalto da borborema, ou seja, que estão a sotavento e acabam por condicionar o regime da precipitação pluviométrica, repercutindo também na temperatura e consequentemente a condição de semiaridez.

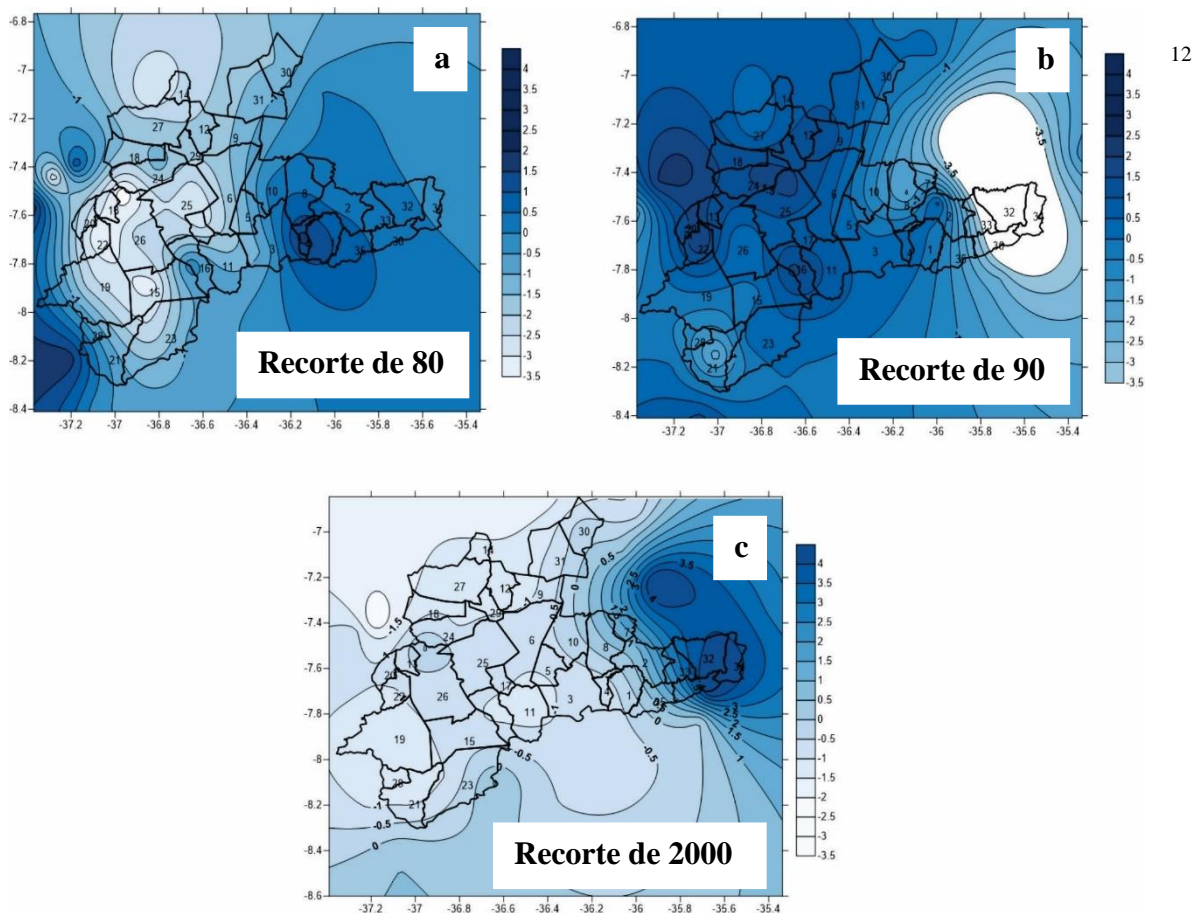
A configuração espacial correspondente ao primeiro fator para o recorte temporal de 90 (Figura 8b) revela cargas fatoriais positivas, superiores a 1, em toda a área dos CV, com

maiores contribuições (na cor azul-escuro) nos municípios de Monteiro (19), São João do Tigre (23), Prata (22), Ouro Velho (20), Camalaú (15), Zabelê (28) e São Sebastião do Umbuzeiro (21).

Nas demais áreas, os escores foram menores (cor azul-claro), o que revela que as chuvas são recorrentes em toda área dos CV, ocorrendo quase que de forma homogênea, entretanto com menores intensidades, isto é, choveu menos durante os anos compreendidos para esse recorte.

No que diz respeito ao recorte temporal de 2000, o comportamento espacial se dá quase que de forma homogênea com baixas intensidades pluviométricas praticamente em toda área de estudo, exceto na parte leste desse fator que apresenta precipitações em quase toda a área, onde estão localizados os municípios de Natuba (34), Aroeiras (32), Gado Bravo (33), Santa Cecília (35), Umbuzeiro (36), na cor azul-escuro, conforme mostra a figura 8c.

Figura 8 – Resultado dos padrões espaciais da precipitação do primeiro fator (mais explicativo) temporal, obtidos pela Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP) (a) Recorte temporal de 80; (b) Recorte temporal de 90; (c) Recorte temporal de 2000.

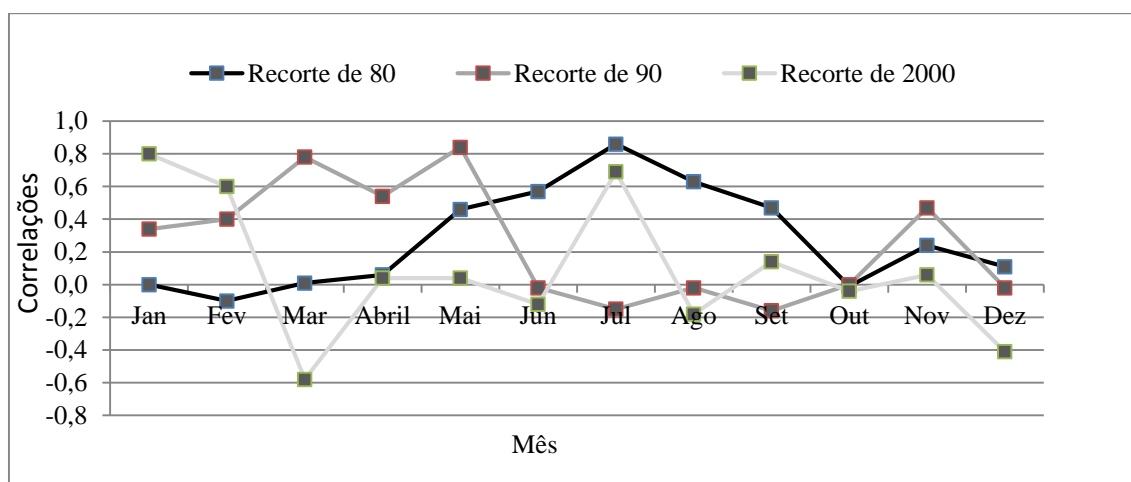


¹²Os espaços em branco nos mapas indicam dados ausentes.

O gráfico 3 ilustra a variabilidade temporal do segundo fator e é caracterizado como um “segundo momento chuvoso” para o recorte temporal de 80 (figura 9a); período chuvoso no caso do recorte temporal de 90 (figura 9b); e um período seco no que diz respeito ao recorte temporal de 2000 (Figura 9c). Observa-se para o recorte temporal de 80, que explica cerca de 20,5%, da variância dos dados, há correlações positivas (entre 0,4 e 0,8) nos meses de maio (0,46), junho (0,57), julho (0,86), agosto (0,63) e setembro (0,47). Entretanto, há correlações entre outubro (0,01), novembro (0,24), dezembro (0,11) e janeiro (0,01) com baixas precipitações.

Para o recorte temporal de 90 a variância explicada é de 23 % e as maiores correlações estão entre fevereiro, março, abril e maio (0,48 a 0,84) e os demais meses apresentam baixas correlações com chuvas isoladas em novembro. No Recorte temporal de 2000 (21,6% da variância total explicada), há a ocorrência de meses isolados em termos de precipitação como março (-0,6), julho (0,6) e dezembro (-0,41) e correlação entre janeiro (0,80) e fevereiro (0,60), configurando em um fator descrito por poucas precipitações. Sugere-se que, assim como o que aconteceu no primeiro fator, há a interferência de sistemas atmosféricos (mesmo que com menos intensidade) nos resultados obtidos.

Gráfico 3 – Séries temporais das cargas fatoriais (correlações), em modo T, para o segundo fator comum da precipitação explicando 20,5%, 23 % e 21,6 % da variância nos Cariris Velhos para os três recortes temporais estudados.



O padrão espacial da precipitação do Recorte de 80 (Figura 9a) põe em evidência contrastes diferenciados nessa região. Na porção leste, as contribuições são negativas, inferiores a -2, sob os municípios de Aroeiras (32), Gado Bravo (33), Santa Cecília (35).

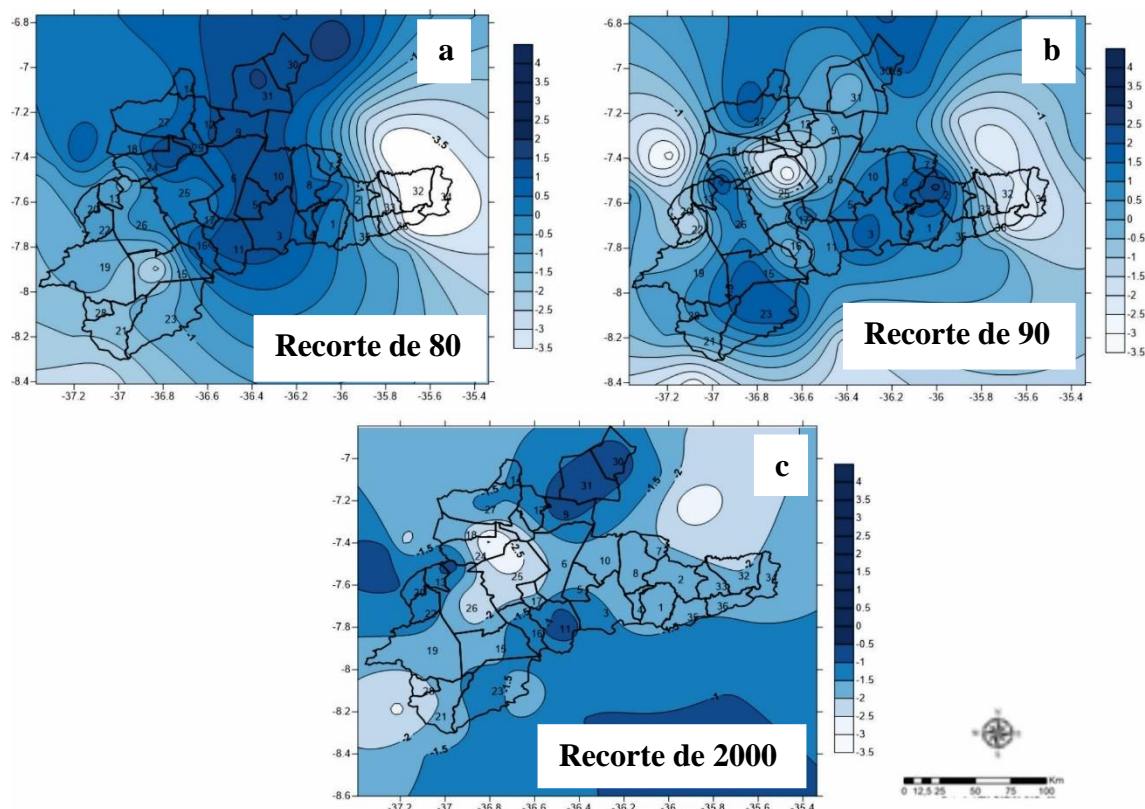
Os maiores escores estão concentrados parte da microrregião do Cariri Ocidental: São João do Cariri (6), São Domingos do Cariri (5), Cabaceiras (10), Boqueirão (8), Gurjão (9), Caraúbas (11) e Santo André (12); e os municípios de Soledade (31) e Olivedos (31).

Para o recorte temporal de 90 (Figura 9b), as contribuições negativas (menos precipitação) estão concentradas na parte leste e sul, englobando os municípios de Aroeiras (32), Gado Bravo (33), Santa Cecília (35). Estão mais concentradas na parte leste e oriental, sob os municípios de São João do Tigre (23), Camalaú (15), Taperoá (27), Barra de São Miguel (3), Boqueirão (8), Alcantil (1), e na porção leste e nos os municípios de São José dos Cordeiros (24), Taperoá (27), Santo André (12) e Parari (29), isto é, na porção central e norte da área de estudo.

No Recorte temporal de 2000 (Figura 9c), o padrão espacial registra intensidades pluviométricas quase que homogêneas em todo o CV, sendo que mais uma vez os municípios de Barra de São Miguel (3), Caraúbas (11), São João do Tigre (23) e Camalaú (15), Olivedos (30) e Soledade (31), isto é, na porção Sul, Microrregião do Curimataú Oriental. A porção Leste e Oeste da área de estudo apresentam as menores intensidades.

Ainda de acordo com a figura 9c, pode-se dizer que a precipitação pluviométrica nesses municípios ocorre com menos intensidade que nos outros recortes. Entretanto, a porção central foi menos favorecida, em relação às demais áreas.

Figura 9 – Resultado dos padrões espaciais da precipitação do segundo fator (segundo mais explicativo) temporal, obtidos pela Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP) (a) Recorte temporal de 80; (b) Recorte temporal de 90; (c) Recorte temporal de 2000.

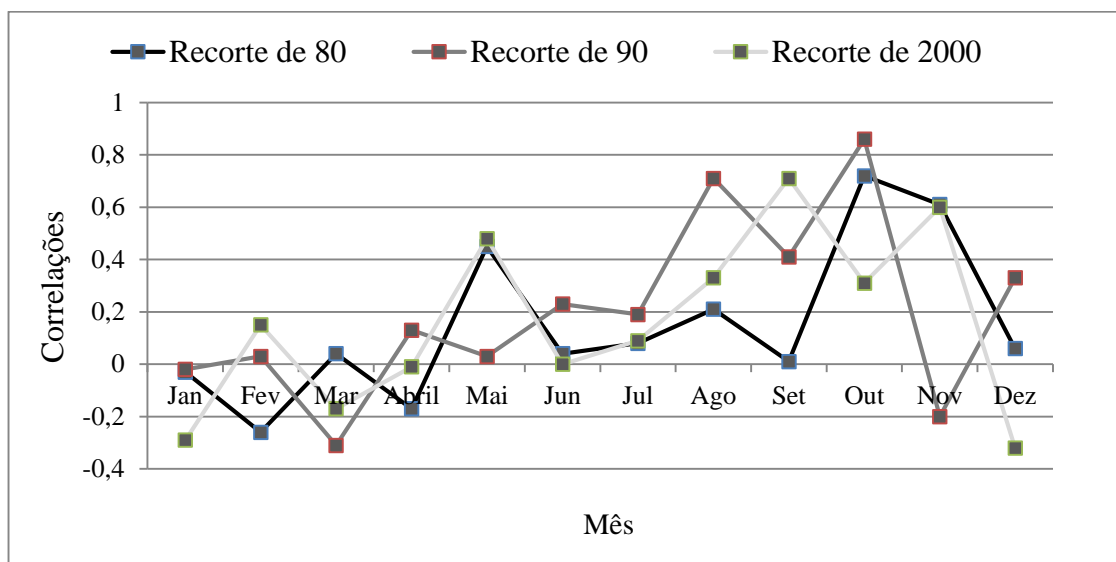


Por fim, têm-se as correlações do terceiro fator temporal, descrito no gráfico 4, para os recortes temporais de 80, 90 e 2000, que explicam 20%, 16% e 15%, respectivamente, da variância total dos dados nos anos estudados. Observa-se que para estes três recortes não há correlação em mais do que dois meses, o que confere dizer que o terceiro fator pode ser descrito como o que explica o período seco.

São registradas altas correlações entre outubro e novembro (entre 0,61 e 0,63) e junho e julho (0,01 e 0,09) para o recorte temporal de 80. Para o recorte de temporal de 90 entre janeiro e fevereiro (-0,01 e 0,06) e novamente entre junho e julho (entre 0,23 e 0,19). No último recorte, as correlações aparecem, entre junho e julho.

Esse resultado coincide com os períodos de transição do seco para o chuvoso, em fevereiro; do período chuvoso, março a maio, para o menos “chuvoso”; e, fechando o ciclo, voltando ao período seco – de agosto até janeiro e meados de fevereiro.

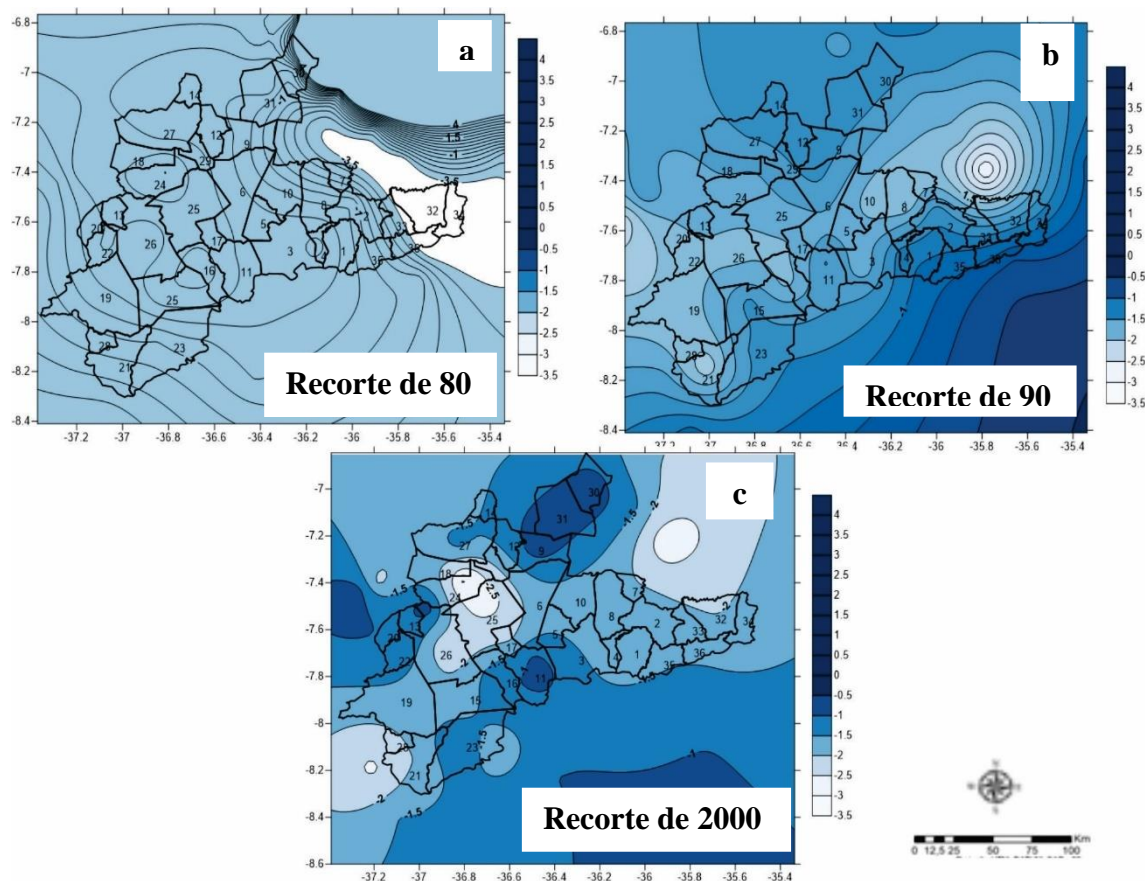
Gráfico 4 – Séries temporais das cargas fatoriais (correlações), em modo T, para o terceiro fator comum da precipitação explicando 20%, 16% e 15% da variância nos Cariris Velhos para os três recortes temporais estudados.



A distribuição espacial para o recorte temporal de 80 (Figura 10a) registra escores negativos em toda a área dos CV, ressaltando que este terceiro fator tem como peso os meses secos e os períodos de transição. Já no recorte temporal de 90 (Figura 10 b), também período seco, a variabilidade da precipitação é um pouco maior do que o recorte de 80, durante os períodos mencionados no gráfico 4, principalmente, na porção sul, onde estão situados os municípios de São João do Tigre (23), Camalaú (15) e São Sebastião do Umbuzeiro (21), onde se registram as maiores altitudes do CV.

As precipitações que ocorrerem durante o recorte temporal de 2000 (Figura 10 c) são mais intensas por toda a área de estudo, com exceção de alguns municípios que se encontram nas porções nordeste e leste da área de estudo. O quadro geral para o terceiro fator é o de que, para os meses ditos secos, as correlações existentes são muito isoladas, caracterizando um efeito local da precipitação.

Figura 10 – Resultado dos padrões espaciais da precipitação do terceiro fator (terceiro mais explicativo), obtidos pela Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP) (a) Recorte de 80; (b) Recorte de 90; (c) Recorte de 2000.



Deste modo, diante dos resultados gerados para o recorte da área e dos anos estudados, pode-se perceber que existem altas correlações entre determinados meses, confirmando quadrimestres chuvosos e secos e até mesmo períodos de transição, considerando que este resultado apenas avaliou o comportamento da precipitação nos anos que compreendem as imagens de satélite estudadas.

O que se pode inferir sobre esse resultado é que essa dinâmica varia consideravelmente entre os recortes de 80, 90 e 2000 estudados. Além disso, marca o efeito da sazonalidade, demonstrando pelos resultados que as precipitações são variáveis no tempo e no espaço, conforme mostram as figuras e gráficos, tornando evidente a irregularidade e a variabilidade das chuvas em diferentes localidades da área de estudo no decorrer dos recortes estudados, ficando difícil inferir quando realmente começa os períodos chuvosos e os secos.

Sendo assim, para efeito de explicação desses acontecimentos acerca da análise da

precipitação percebe-se que os CV apresentam uma dinâmica influenciável, não só pelos sistemas atmosféricos que atuam nessa área, mas pela ciclicidade das secas e pelas anomalias climáticas, conforme explicitado anteriormente, que por sua vez acabam colaborando com o quadro de vulnerabilidade a desertificação.

Conforme aponta Souza (2004) em estudo feito para a bacia do Taperoá, através de análises de séries temporais e coeficientes de variação, é claro a alta variabilidade espacial das precipitações nessa área, comprovando o que foi feito para o CV com os períodos que compreendem recortes das imagens e que será discutido mais à frente. O que acaba deixando “esse tipo de ambiente muito fragilizado perante as ações antrópicas e fortemente predisposto ao avanço da desertificação” (SOUZA, 2004, p. 295), repercutindo diretamente no quadro econômico e natural das regiões que possuem essa tendência.

Em uma análise temporal feita com os dados de precipitação do posto pluviométrico de São João do cariri é mostrado um pouco da tendência da série estudada. Conforme resultado explicitado na tabela 11, observa-se que não ocorreram descontinuidades na série estudada, exceto quando o teste de Pettit foi aplicado ao nível de 10% de probabilidade, correspondendo ao mês de junho, no ano de 1999, que foi caracterizado como um ano de ocorrência do El Niño com forte intensidade.

Tabela 11 – Análise da quebra da série a partir do teste de Pettit para precipitação pluviométrica na Bacia experimental de São João do Cariri.

Mês	Níveis de confiança		
	99%	95%	90%
Janeiro	sim	sim	sim
Fevereiro	sim	sim	sim
Março	sim	sim	sim
Abril	sim	sim	sim
Maio	sim	sim	sim
Junho	sim	sim	não
Julho	sim	sim	sim
Agosto	sim	sim	sim
Setembro	sim	sim	sim
Outubro	sim	sim	sim
Novembro	sim	sim	sim
Dezembro	sim	sim	sim

De certo modo, pode-se inferir que essa variabilidade é recorrente e que ela pode ser acentuada com a ocorrência de eventos extremos como El Niño e La Niña. Considerando essas questões, os resultados encontrados mostram uma sazonalidade muito acentuada tendo como fator principal não só a localização geográfica dos CV, mas a ocorrência dos eventos extremos de variadas intensidades para os recortes estudados (Tabela 12).

Tabela 12 – Intensidade de ocorrência do El Niño e do La Niña nos anos das imagens analisados.

	Recorte 1	Recorte 2	Recorte 3
Anos analisados	1985 e 1989	1990 e 1995	2004, 2005 e 2007
Intensidade do evento	1985- La Niña fraca	1990- El Niño Forte	2004- El Nino Fraco
	1989- La Niña forte	1995- El Niño Moderado	2005- El Nino Fraco 2007- El Niño Muito Forte

Fonte: CPTEC (2010).

A tabela 12 expressa os anos das imagens e as respectivas ocorrências dos eventos. Pode ser verificado na tabela que o primeiro recorte é mais chuvoso, com La Niña apresentando intensidade fraca e forte; no segundo, as chuvas ocorrem com menos intensidade, com ocorrência do El Niño com intensidade forte e moderado e no terceiro recorte o quadro de chuvas ainda continua com influencias do El Niño.

Nos anos de ocorrência desses eventos, os principais açudes da área de estudo costumam apresentar baixo volume de água, o que acaba refletindo diretamente no dia a dia da população. Como prova disso, têm-se as figuras 11 e 12 que mostram os níveis de água apresentados pelos açudes nos últimos anos. A seta vermelha na figura 11 indica a altura atingida pela água em anos normais e chuvosos. Já na figura 12, tem-se o açude de Taperoá em período chuvoso em junho de 2014.

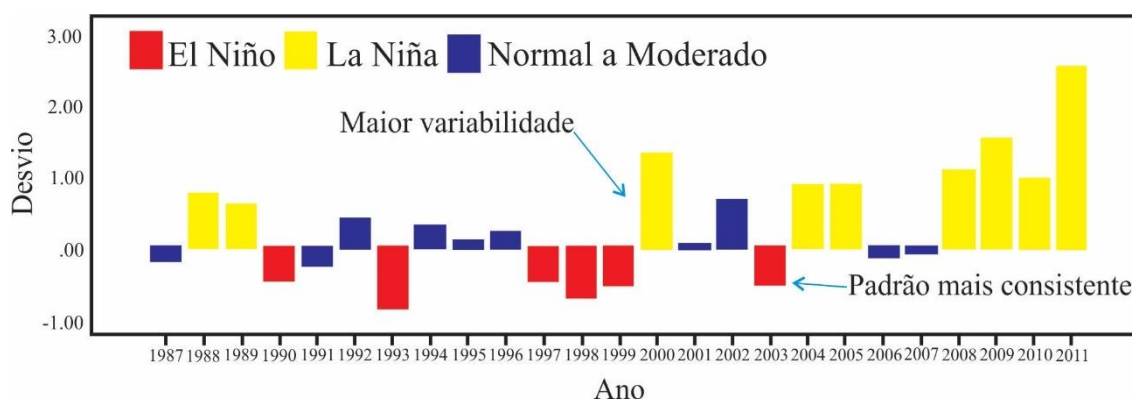
Figura 11 – Açude público Epitácio Pessoa.

Município: Boqueirão
Data: 08 de janeiro de 2015
Foto: Mônica Macêdo

Figura 12 – Rio Taperoá.

Município: Sumé
Data: 29 de junho de 2014
Foto: Mônica Macêdo

Com isso, não é difícil constatar que, mesmo que essa variabilidade seja recorrente, isto é, mesmo identificando a ocorrência de períodos secos, chuvosos e de transição, com variações e instabilidades diferenciadas, presente nas series estudadas, sendo diferenciadas apenas pelo tipo de anomalia ocorrido e do ano hidrológico, conforme descrito na figura 13, pouco se pode verificar discontinuidades. Pois estes períodos sempre irão acontecer, mesmo em se tratando de eventos de fraca, moderada ou forte intensidade de El Niño, conforme apontam os dados analisados.

Figura 13 – Desvios da precipitação calculados a partir dos dados coletados na Bacia Experimental de São João do Cariri.

De acordo com a figura 13, não é difícil perceber uma maior variabilidade dos eventos de La Niña e uma menor do El Niño. Essa dinâmica, além de afetar as precipitações, acaba

por dificultar o processo de recuperação da vegetação (como será descrito no próximo item), uma vez que a vegetação da caatinga tem uma resposta muito rápida aos efeitos da precipitação, pois a presença de uma alta umidade relativa, ocasionada pelo efeito das chuvas, é capaz de gerar mudanças significativas nos aspectos da vegetação (SILVA, 2014).

Observa-se, sob esse ponto de vista, uma evidente diferença entre o que é desertificação e o que é seca. A seca é um fenômeno natural recorrente, que provoca danos às atividades humanas como agricultura e pecuária, e a desertificação é ocasionada por questões antrópicas associadas com as fragilidades do lugar, tornada mais visível ainda com o quadro de secas (NASCIMENTO, 2008).

Silva (2007) atenta para a repercussão do El Niño nos aspectos sociais, econômicos, agropecuários e até culturais, demonstrando que esses eventos geram ameaças relacionadas às vulnerabilidades e padrões de riscos a desastres. O referido autor verificou esses acontecimentos para o município de Picuí, seridó paraibano, cidade muito próxima a área dos CV.

Deste modo, corroborando com as ideias de Souza (2008) e com as análises feitas, pode-se dizer que a precipitação é capaz de influenciar as práticas agrícolas e a maneira como os solos são utilizados, exercendo não um papel de causador da desertificação e sim um acentuador desse processo. Desencadeando em solos desnudos, devido a essas práticas, e repercutindo em um quadro de exposição e vulnerabilidade destes solos, o que gera a perda de matéria orgânica, compactação e posteriormente erosão (NASCIMENTO, 2013).

4.1.1.2 Cobertura vegetal e temperatura da superfície

Seguindo a mesma linha de raciocínio de Souza (2008), a vegetação na área dos CV vem sofrendo transformações no decorrer do tempo devido a fatores climatológicos, conforme exposto no tópico 4.1.1.1, devido a interferências de fenômenos, como El Niño, entre outros sistemas. Eles proporcionam um quadro de precipitação pluviométrica irregular, com intensidades diferenciadas na área estudada no decorrer do ano (sazonalmente) e entre os anos estudados, mesmo tendo o período chuvoso concentrando-se de fevereiro a maio.

Aliado ao fato acima descrito tem-se a cobertura vegetal que exerce o papel de termômetro nos CV, por refletir nela as pressões decorrentes dos processos ecológicos, bióticos e de uso e ocupação do solo, e, deste modo, desencadeando um quadro de degradações intensas como a desertificação (NASCIMENTO, 2013).

Conforme descrito na metodologia desta pesquisa, foram selecionadas imagens de satélite de órbitas, períodos e meses diferentes para compor os mosaicos nos recortes estudados, devido à área ser considerada grande e por isso não contemplar imagens do mesmo período na composição do mosaico. Todas são de épocas classificadas como de transição e chuvosa, pois, de acordo com Sousa (2008), são capazes de expressar melhor as fisionomias vegetais.

Para efeito de ligação da desertificação com os produtos gerados, optou-se por considerar, além dos trabalhos de campo feitos, o que Souza (2008) definiu em sua tese. O referido autor considerou uma classificação própria, conforme a tabela 7¹³, fruto de consultas a fontes bibliográficas, vivências e observações em campo, procurando identificar as diferentes formas que as caatingas se apresentavam, para posteriormente relacioná-la com a desertificação (Tabela 9).

Tem-se nesta análise um ponto de vista qualitativo, que ganha roupagem quantitativa nessa pesquisa, por associar essas questões definidas por Souza (2008) a um tratamento quantitativo (estatístico) nos tópicos que foram sendo percorridos, mesmo que esse tratamento tenha sido sutil e procure comprovar o que foi descoberto.

¹³ As tabelas 7 e 9 encontram-se na metodologia.

Após o processo de tratamento das imagens, foram gerados os produtos SAVI, IAF e Temperatura da Superfície. Entretanto, dados de campo e consultas a Silva (2014) para validar o que foi processado permitiram identificar que as respostas do IAF e do SAVI foram muito parecidas para o recorte estudado e, como são poucas as pesquisas no semiárido que consideram o índice IAF optou-se por analisá-lo (Figuras 14 e 15).

Optou-se por inserir na primeira classe (valores dos pixels <0) o que se considerou ser nuvens, sombra de nuvens e corpos hídricos, tanto para as classes de IAF quanto para as de Temperatura da Superfície (Tsup), o que gerou uma grande concentração de dados nessa classe, conforme exposto na tabela 7. Deste modo, têm-se para essas classes os respectivos valores para os três recortes: 29%, 30% e 29% para as classes de IAF e 42%, 40% e 42% para as classes de Temperatura da Superfície.

Observando a distribuição espacial do IAF nas figuras 15a, 15b e 15c, que correspondem a meados e final da década de 80, início e meados da década de 90 e meados da década de 2000, respectivamente, pode-se perceber que apesar do pouco intervalo de tempo (menos de 10 anos) existente entre elas, principalmente entre os recortes de 80 e 90, a fisionomia da vegetação mudou consideravelmente no decorrer deste período, que pode ser comprovado pela ausência das chuvas ocasionada pelos eventos de El Niño na década de 90.

A tabela 13 descreve o aumento significativo das classes de solo exposto (em cerca de 30%) e diminuição gradativa das demais classes, sobretudo a classe de caatinga arbórea aberta. Sugere-se que além dos modos convencionais de uso do solo modificarem as paisagens desta área, a precipitação pluviométrica exerce um fator importante na composição das fisionomias da caatinga.

Figura 14 – Mapas temáticos de SAVI para (a) Recorte temporal da década de 80, (b) Recorte temporal da década de 90 e (c) Recorte temporal da década de 2000 nos Cariris Velhos.

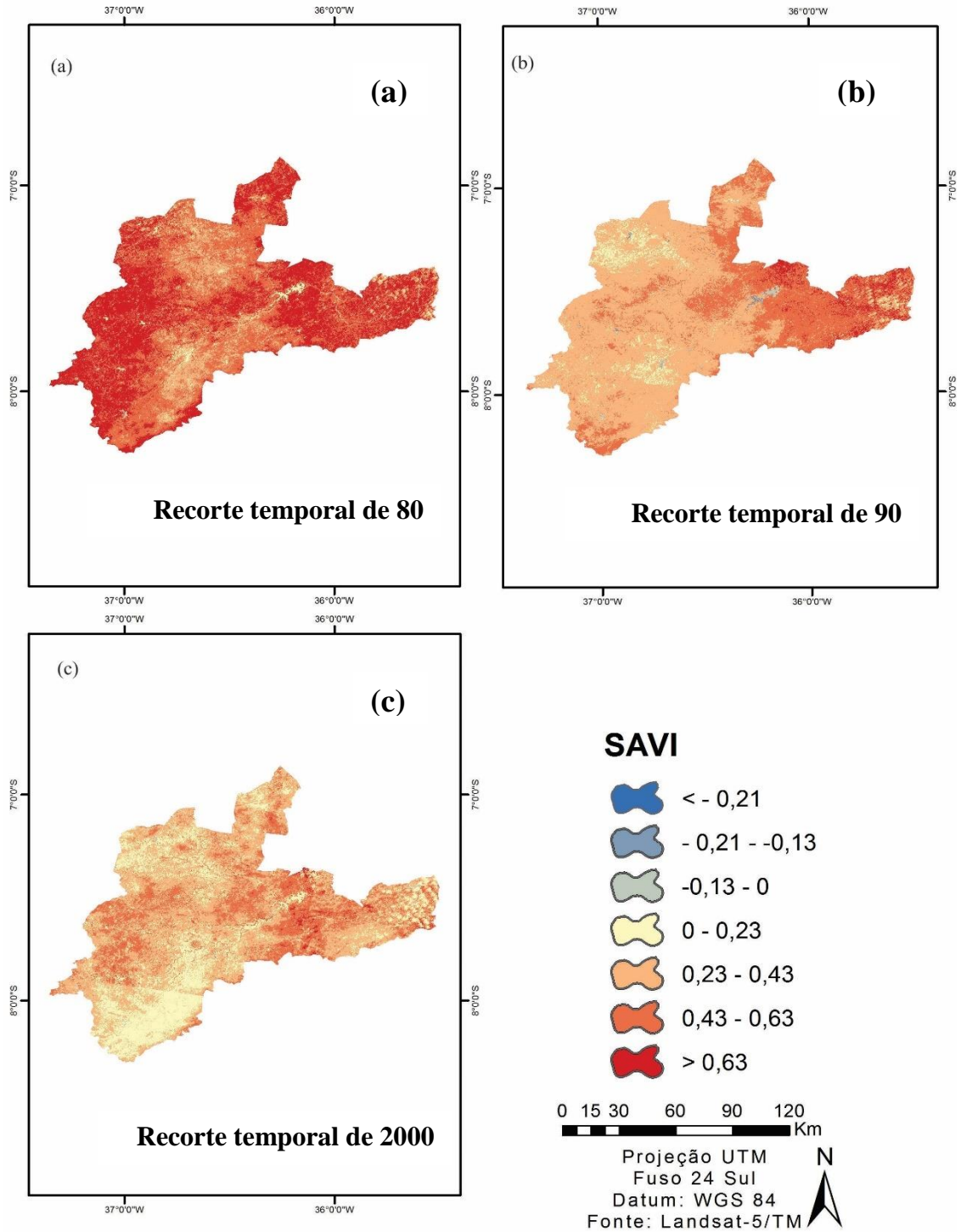


Figura 15 – Mapas temáticos de IAF para (a) Recorte temporal da década de 80, (b) Recorte temporal da década de 90 e (c) Recorte temporal da década de 2000 nos Cariris Velhos.

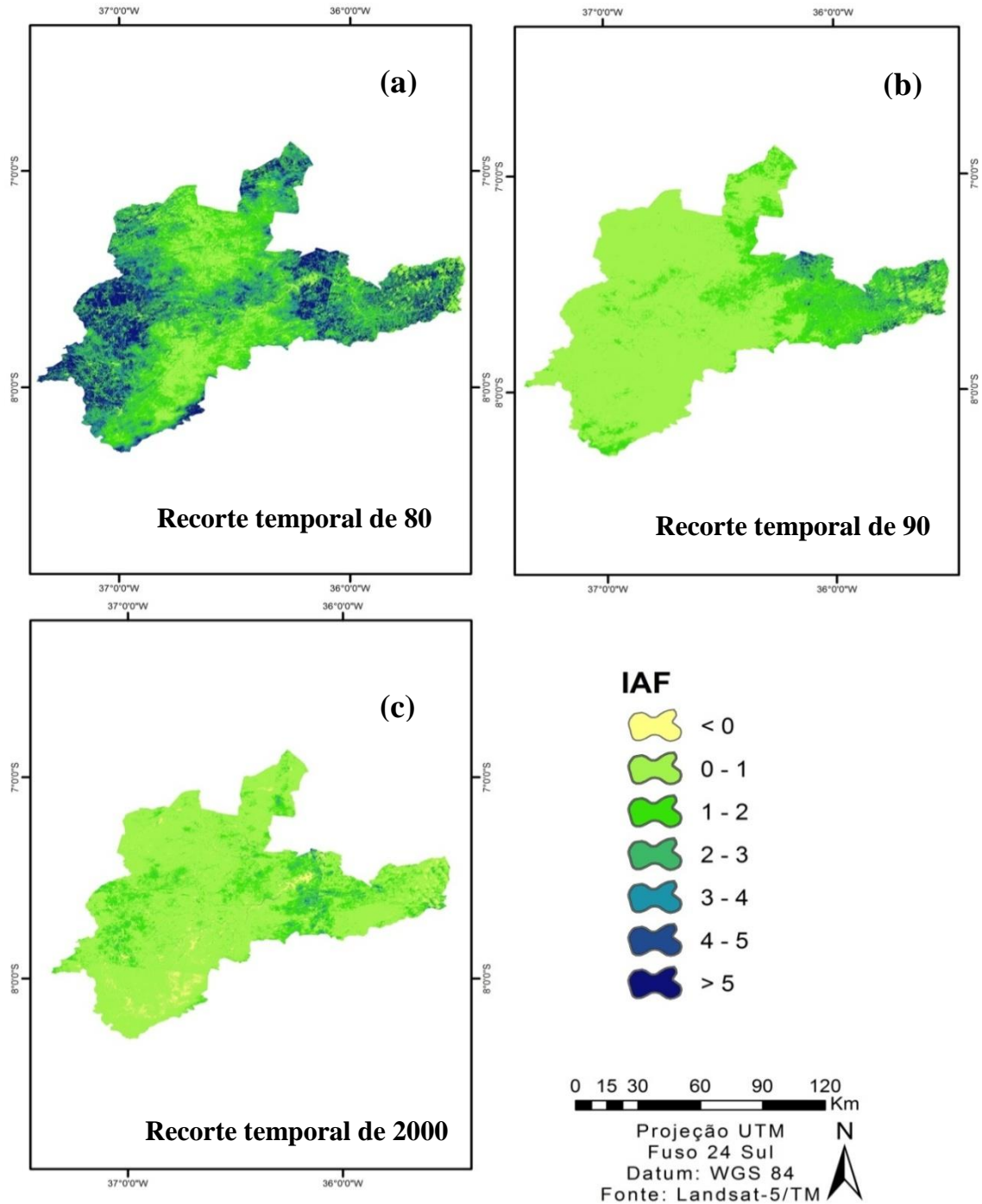


Tabela 13 – Porcentagem e parâmetros calculados dos valores estimados para o IAF (m^2m^{-2}) e tipologia da vegetação definidas para os três recortes estudados.

Tipologias Definidas	Classes de IAF (m^2m^{-2})	Porcentagem (%) de cada classe		
		Recorte de 80	Recorte de 90	Recorte de 2000
Água/Sombra de nuvens	<0	29,00	30,00	29,00
Solo exposto	0–1	38,00	60,00	61,00
Caatinga arbóreo arbustiva fechada	1–2	10,55	7,50	6,57
Caatinga arbustivo arbórea aberta	2–3	9,10	0,15	0,98
Caatinga arbustiva fechada	3–4	4,90	0,04	0,16
Caatinga semiaberta	4–5	0,12	0,04	0,12
Caatinga aberta	>5	5,90	0,030	0,01
Valor médio		2,50	0,50	0,67
Desvio padrão		1,41	0,39	0,56
Coeficiente de variação (%)		56,00	78,75	84,00

Com base nessas questões e baseando-se no que Souza (2008) definiu para os CV quando associou as classes de NDVI ao porte da vegetação, nessa pesquisa esses mesmos aspectos foram observados sob a perspectiva do IAF:

Caatingas com baixo nível de degradação e antropismo: São as caatingas mais preservadas que ocorrem em áreas consideradas de difícil acesso, como serras, áreas com solos mais profundos e aquelas compreendidas em manchas esparsas de vales. Souza (2008) as enquadra nos seguintes estratos: arbóreo, arbustivo e herbáceo, sendo que, dependendo do estrato dominante, elas são subdivididas em:

- Caatinga arbóreo - arbustiva fechada: Os valores de IAF para essa classe são maiores ou iguais a 5,0 (Tabela 13). Não há o manejo de forma intensa das áreas com o predomínio de vegetação desse porte, o que confere o caráter de semelhança das caatingas de grande parte do cariri durante a época em que os primeiros colonizadores ali chegaram (SOUZA, 2008).

Apesar da diminuição gradativa da vegetação, ainda é evidente nos produtos gerados a presença desse porte vegetacional na porção sul, onde está inserida a APA das Onças, e na porção ocidental (Figuras 16, 17 e 18). Do ponto de vista da meteorologia, isso pode ser explicado por Gomes (1979). Segundo a autora, o deslocamento da ZCIT diminui no sentido

Monteiro-Cabaceiras, o que acaba desfavorecendo a parte onde está inserida a microrregião do Cariri Oriental. Isto pode ser visto de forma bem clara na figura 15 a.

De acordo com a tabela 13, os valores em porcentagem, para esta classe, diminuem gradativamente (5,90 %, 0,3% e 0,1%) e para o recorte de 2000 já não representam um valor tão significativo, apesar do pequeno valor encontrado durante o recorte de 80 já ser considerado muito baixo. Aliam-se a isso o período da imagem e as questões de ruídos existentes nessas, bem como as precipitações.

Figura 16 – Caatinga arbóreo - arbustiva fechada nas proximidades do distrito de Pindurão durante a estação chuvosa.



Município: Camalaú.
Data: 29 de abril de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Figura 17 – Caatinga arbóreo - arbustiva fechada próxima a afloramento rochoso.



Município: Sumé.
Data: 27 de novembro de 2014.
Foto: Rubens Queiroz.

Figura 18 – Caatinga arbóreo - arbustiva fechada na APA das Onças.



Município: São João do Tigre.
Data: 12 de janeiro de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Na etapa que compreendeu o levantamento de campo, também se observou que boa parte da área que corresponde na imagem de satélite a uma vegetação densa, e deste modo mais preservada, não possui vegetação nativa. Essas áreas são compostas pela espécie exótica chamada algaroba (*Prosopis juliflora*), que foi inserida no Cariri em meados da década de 70, como forma de incentivo para o melhor convívio com as secas. O objetivo geral era tornar a pecuária menos dependente das pastagens nativas, já que essa espécie é completamente resistente à seca, possui folhas perenes e deste modo servia de alimento para o gado durante todo o ano, frutificando-se, inclusive, no período de seca (SOUZA, 2008) (Figura 19).

Figura 19 – Remanescentes de jatobá no sopé do lajedo e mais à frente o predomínio da algaroba (*Prosopis juliflora*).



Município: Cabaceiras.
Data: 15 de setembro de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

- Caatinga arbustivo-arbórea fechada: Os estratos que se enquadram nessa categoria ocorrem em solos menos profundos, apesar da presença de, praticamente, as mesmas espécies arbóreas que são encontradas no estrato mais preservado. Entretanto, a interferência do uso já começa a ser percebida e os valores de IAF compreendidos entre 4,0 e 5,0 (0,12%, 0,04%, 0,03%), conforme explicita a tabela 13, no decorrer dos anos se tornam mais significativos em relação às áreas mais preservadas (Figuras 20 e 21). Mesmo que ainda se observe uma caatinga mais preservada, observam-se atividades econômicas nessas áreas,

com destaque para a caprinocultura e, em alguns lugares, o extrativismo vegetal, com a extração da lenha para a fabricação do carvão vegetal, conforme exposto na figura 22.

Figura 20 – Caatinga arbustivo- arbórea fechada.



Município: São João do Tigre.
Data: 24 de janeiro de 2012.
Foto: Mônica Macêdo.

Figura 21 – Caatinga arbustivo - arbórea fechada.



Município: Camalaú.
Data: 29 de março de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Figura 22 – Forno utilizado na fabricação do carvão vegetal.



Município: Camalaú, distrito de Pindurão.
Data: 29 de março de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Caatingas com alto nível de antropismo e degradação: Para Souza (2008) e segundo as idas a campo que foram sendo feitas no decorrer dessa pesquisa, foi verificado que as caatingas que estão inseridas nas áreas em processo de desertificação situam-se em altitudes menores que as áreas em que se situam as caatingas mais preservadas e conferem o

caráter de usos mais constantes e intensos se enquadrando apenas nos estratos arbustivo e herbáceo.

▪ Caatinga arbustiva fechada: Se enquadram nesse aspecto as caatingas menos degradadas, que apesar da presença do solo exposto, ainda conta um predomínio marcante da cobertura vegetal (Figuras 23 e 24). Nesse estrato, onde os níveis de antropismo e degradação são maiores, e podem evoluir para um estágio mais avançado, superando o nível intermediário na sucessão ecológica (SOUZA, 2008). Essas áreas são ocupadas, em sua maioria, pelo gado, especialmente o caprino.

Em termos de IAF (Tabela 13), os valores decrescem significativamente entre os dois primeiros recortes temporais, enquanto que o terceiro em relação ao segundo cresce sutilmente (4,9%, 0,04%, 0,16%). Entende-se que, mais uma vez, a capacidade de rebrotamento da caatinga frente às chuvas tenha contribuído para este resultado. Estes valores de IAF foram encontrados para a classe da vegetação com valores de IAF entre 3,0 e 4,0.

Figura 23 – Caatinga arbustiva fechada (setas vermelhas).



Município: Gurjão.
Data: 24 de janeiro de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Figura 24 – Caatinga arbustiva fechada.



Município: Santo André.
Data: 24 de janeiro de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Apesar do porte arbustivo fechado encontrado em uma área do município de Santo André, observa-se no aspecto da vegetação, revelado na figura 23, a ausência das folhas. Isso ocorre devido à época de obtenção da foto ser considerada um período seco e a caatinga possuir característica caducifólia. Sendo assim, uma imagem de satélite desse período comprometeria os resultados do IAF.

▪ Caatinga arbustiva semiaberta: Este tipo de estrato corresponde a grandes manchas de solo exposto, compostas por vegetação herbácea, ocorrendo também manchas menores de vegetação com porte maior (Figuras 26 e 25). Souza (2008) afirma que a vegetação destas áreas mostra a mesma resposta que a das encontradas para a classe da vegetação arbustiva fechada. As porcentagens de IAF encontradas para essa classe foram: 9,1 %, 0,15% e 0,98%. O intervalo de valor do IAF definido está entre 2,0 e 3,0. Esse tipo de extrato é decorrente, na maioria dos casos, de culturas agrícolas.

Figura 25 – Caatinga arbustivo semiaberta em área de pasto.



Município: Prata.
Data: 12 dezembro de 2012.
Foto: Mônica Macêdo.

Figura 26 – Caatinga arbustivo semiaberta em área de cultivo de milho e feijão.



Município: Gurjão.
Data: 24 de janeiro de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

▪ Caatinga aberta: Nessa tipologia há praticamente o predomínio da vegetação que compõe a caatinga arbustiva semiaberta, sendo que de forma esparsa. As classes de IAF estão entre 1,0 e 2,0, e representam 10,55 %, 7,5% e 6,57%, em termos de porcentagens. Além de áreas que se encontram em processo de desertificação (Figura 27).

Figura 27 – Área degradada próxima a caatinga arbustiva aberta.



Município: São Domingos do Cariri.

Data: 2 de novembro de 2011.

Foto: Mônica Macêdo.

Os dados da tabela 13 demonstram que, para o período analisado, houve uma diminuição significativa nas classes de vegetação que foram definidas por Souza (2008). No entanto, o aumento apresentado para a classe que foi definida como sendo de solo exposto, isto é, com valores de IAF compreendidos entre 0 e 1, mostram que, apesar da resposta rápida da vegetação à precipitação, a vegetação continua sendo explorada. Enquanto as áreas com vegetação de maior porte decrescem, há um grande aumento dessa classe. Em termos de porcentagem isso se configura em 38%, 60% e 61%, para os três recortes temporais, respectivamente.

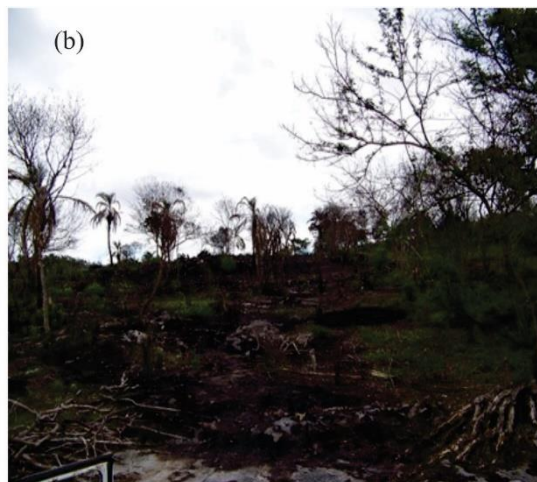
Na porcentagem encontrada para solo exposto, também se encontram áreas que provavelmente são de preparo para o plantio de culturas sazonais como milho e feijão no período chuvoso e de pasto para o gado na estação seca, conforme mostram as figuras 28 e 29. Leva-se em consideração que este tipo de prática pode acentuar ainda mais os problemas relacionados ao *déficit* de nutrientes no solo, devido ao manejo inadequado. Além disso, nessas áreas, conforme descreve Souza (2008), não há a reposição dos nutrientes retirados, o que pode levar a desertificação.

Figura 28 – Área de pasto destinada ao gado bovino e caprino.



Município: Santo André.
Data: 15 de janeiro de 2013.
Foto: Mônica Macêdo.

Figura 29 – Preparo do solo – brocagem – para o plantio de culturas de milho e feijão.



Município: São João do Tigre.
Data: 24 de janeiro de 2012.
Foto: Mônica Macêdo.

Leva-se também em consideração na área dos CV os afloramentos rochosos que nas imagens são confundidos com solo exposto. Entretanto, para Souza (2008), esse fato é não tão significativo, já que esses afloramentos estão presentes em apenas 0,5% da área estudada (Figuras 30 e 31).

Figura 30 – Batólitos (Lajedo do Pai Mateus).



Município: Cabaceiras.
Data: 5 de novembro de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Figura 31 – Caatinga arbustivo-arbórea fechada.



Município: Camalaú.
Data: 29 de março de 2014.
Foto: Mônica Macêdo.

Em períodos de estiagem, como os que vem acontecendo nesses dois últimos anos, as barragens na forma de tanques de pedra, que são estruturas criadas para o aproveitamento da água que escorre dos lajedos (seta vermelha, Figura 30), tem uma importância biológica singular. Não só devido ao benefício gerado para as plantas que estão em seu entorno, mas também para matar a sede dos animais. Em alguns lugares dos CV, observou-se que essa prática vem sendo utilizada como tecnologia social, isto é, como fonte para irrigação na agricultura, dessedentação dos animais e em casos mais extremos a dessedentação humana.

Conforme exposto na tabela 14, verifica-se, em todos os períodos estudados, coeficientes de variação menores do que 15 % (13,00%, 13,30%, 14,50%) para a temperatura da superfície, o que implica dizer que os valores médios encontrados (30,61°C, 26,73°C e 35,53%), estatisticamente, possuem um poder explicativo devido aos coeficientes serem inferiores a 30%. A média se torna menos tendenciosa e pode-se inferir que as temperaturas superiores aos 30 °C concentram-se entre as classes de vegetação arbustiva fechada a solo exposto.

Tabela 14 – Porcentagem e parâmetros calculados dos valores estimados para a Temperatura da Superfície (°C) e tipologia da vegetação definidas para os três recortes estudados.

Tipologias definidas	Classes de Temperatura da Superfície	Porcentagem (%) de cada classe		
		Recorte de 80	Recorte de 90	Recorte de 2000
Água	< 15	42,00	40,00	42,00
Sobra de Nuvens	15–19	2,22	2,40	0,05
Caatinga arbóreo arbustiva fechada	19–23	2,15	7,40	0,57
Caatinga arbustivo-arbórea fechada	23–27	2,17	27,53	2,54
Caatinga arbustiva fechada	27–31	5,51	15,52	28,17
Caatinga semiaberta e aberta	31–35	10,70	4,70	25,31
Solo Exposto	>35	36,88	2,22	0,84
Valor médio		30,61	26,73	35,53
Desvio padrão		3,95	3,50	4,98
Coeficiente de variação (%)		13	13,3	14,5

Entre os recortes estudados, a vegetação arbustiva fechada foi a que apresentou uma mudança gradativa maior e no recorte temporal de 2000, 28 % dos pixels encontravam-se no intervalo de 27-31 ° C, no caso da caatinga arbustiva fechada. No caso da vegetação de maior porte, vegetação arbóreo arbustiva fechada, a faixa de temperatura ficou concentrada entre 19-

23 °C, com 0,57 %, o que implica dizer que são poucas as áreas de vegetação com esse porte e que é preciso atentar para a flora existente nessas áreas.

Em outras palavras, no quesito temperatura da superfície, de acordo com os produtos gerados, pode-se inferir que boa parte das localidades nos CV atingirem valores superiores a 20°C e com as condições de degradação impostas esses valores tendem a se elevar. Medições feitas em campo nas áreas degradadas constatarem temperaturas próximas aos 30 °C, as 10h da manhã.

Grande parte dos trabalhos voltados ao estudo da germinação de sementes de plantas em área de caatinga descreve uma temperatura ótima (ideal), que, na maioria dos casos, concentra-se em um intervalo compreendido entre 20°C e 30 °C para que a semente possa germinar, comprovando a forte influência exercida pela temperatura (LIMA et al, 2006) *apud* (LIMA et al., 2011). Superado esse intervalo, a taxa de germinação de algumas sementes torna-se mínima, principalmente para as espécies que são mais dependentes de água e necessitam de solos mais úmidos. Esta é uma condição primordial para dar início ao processo de germinação (CASTRO et al., 2004).

Os CV apresentam práticas de uso e ocupação do solo associados ao quadro de instabilidade climática que dificulta ainda mais a disseminação das espécies, uma vez que elas têm como forma de dispersão das sementes o vento, isto é, por anemocoria (SILVA, 2013). Sendo assim, quando essas sementes repousam em lugares descobertos (sem vegetação) e com temperaturas elevadas, a germinação tem uma probabilidade mínima de ocorrer. Este fator relaciona-se significativamente com a diversidade de espécies da caatinga, uma vez que as sementes não encontram ambientes para germinação e assim não se propagam, o que gera um ambiente favorável para que ocorra o processo de desertificação.

Observou-se em algumas áreas degradadas e naquelas que ainda estão em processo de desertificação, a presença da catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), conforme mostra a figura 32, uma espécie endêmica da caatinga, sobretudo a típica de cristalino, que resistente às altas temperaturas. Este fato confirma o que foi verificado por Lima et al (2011), em laboratório, quando observaram a resistência dessa espécie para diferentes substratos (areia e vermiculita) e temperaturas superiores a 30°C.

Figura 32 – Catingueira em área de solo exposto.



Município: Distrito de Pindurão, Camalaú.

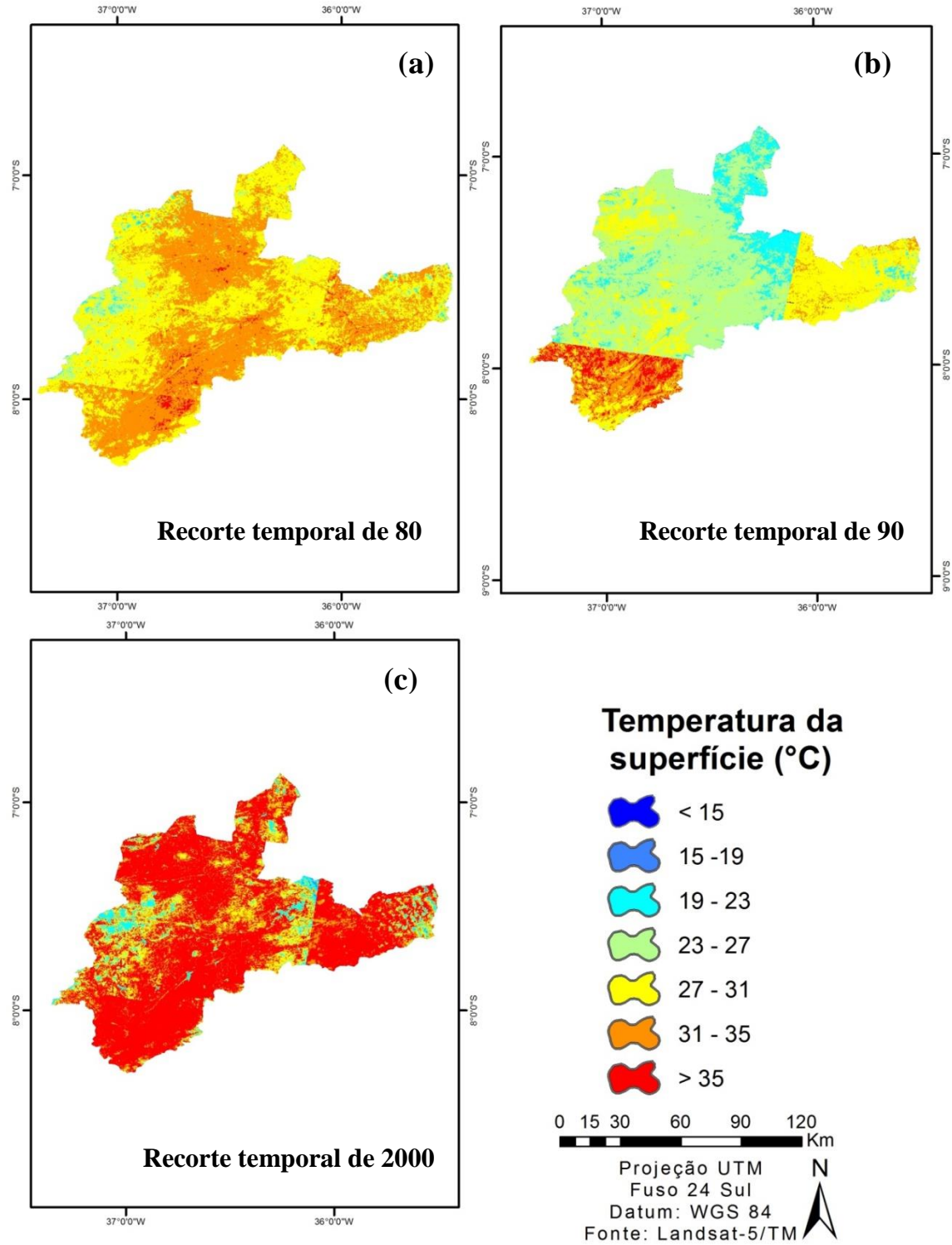
Data: 29 de março de 2014.

Foto: Mônica Macêdo.

De acordo com a figura 32, a distribuição espacial da temperatura da superfície revela aumento no decorrer dos anos estudados. De acordo com a tabela 14, não há uma classe específica que tenha aumentado significativamente, mas em todas que possuem valores superiores aos 27°C, o que comprova o aumento de áreas enquadradas nas classes de solo exposto, conforme descrito na tabela 13.

Os menores valores de temperaturas foram encontrados nos corpos hídricos e nas áreas com vegetação arbóreo-arbustiva, com valores entre 21 e 34°C (cor verde-escuro e verde-claro). Nas áreas com vegetação arbustiva e em pequenas porções de solo exposto, foram encontrados valores medianos, na cor amarela e laranja, que equivalem às áreas com temperaturas entre 34 e 39°C. Para as áreas mais quentes, foi definida a cor vermelha, representando aquelas com temperaturas entre 39 e 43°C, localizadas, predominantemente, em áreas com solo exposto em sua maioria.

Figura 33 – Mapas temáticos para Temperatura da Superfície para (a) Recorte da década de 80, (b) Recorte da década de 90 e (c) Recorte da década de 2000 nos Cariris Velhos.



4.1.1.2.1 Comparação entre as estimativas feitas da Temperatura da Superfície e os dados provenientes dos geotermômetros.

Para efeito de comprovação dos valores de Temperatura da Superfície encontrados nas imagens do TM Landsat 5, tomou-se como base uma área representativa dos CV, a Bacia Experimental de São João do Cariri, conforme explicado no tópico da precipitação pluviométrica. Procurou-se analisar os dados provenientes dos geotermômetros, medidos nas profundidades 2 e 5 centímetros, por serem mais próximas da superfície e contemplarem o intervalo onde as sementes costumam germinar, incluindo as espécies típicas de ambientes de caatinga e as com fins agrícolas (catingueira, algodão, milho e feijão).

Nas tabelas 15 e 16 são apresentadas as médias mensais compensadas (mínimas e máximas) calculadas para o período de 1987 a 2011. Observa-se que quando elas não são superiores aos 30°C, chegam perto deste limite em todos os meses observados (janeiro a dezembro), ressaltando que as menores temperaturas ocorrem durante os meses de junho e julho.

Tabela 15 – Estatísticas descritivas mensais, maiores e menores médias e ano de ocorrência para as temperaturas de solo, medidas pelos geotermômetros, para a profundidade 2 centímetros, do período de 1987 a 2011, para São João do Cariri.

Mês	Média (Mensal)	Maior média mensal diária (ano de ocorrência)	Menor média mensal diária (ano de ocorrência)	DP	$C_v(\%)$
Janeiro	37,14	44,00(2005)	27,00(1992)	2,16	6
Fevereiro	36,41	44,50(2006)	25,67(2011)	2,54	7
Março	35,79	42,70(1993)	26,90(1987)	2,70	8
Abril	34,01	41,60(1990)	27,70(1994)	2,51	7
Maio	32,35	42,70(1993)	24,70(1990)	2,23	7
Junho	29,93	41,30(2010)	25,00 (1994)	1,38	5
Julho	29,21	36,70(2010)	22,20(1988)	1,49	5
Agosto	31,40	43,80(1987)	23,60(1991)	1,75	6
Setembro	33,80	41,70(2006)	24,50(2007)	1,61	5
Outubro	37,08	47,00(2009)	27,80(1998)	1,43	4
Novembro	37,65	43,30(2010)	27,30(1994)	1,25	3 ^{14*}
Dezembro	37,73	47,00(2010)	25,60(1989)	2,23	6

¹⁴ (*) menores coeficientes de variação encontrados.

Tabela 16 – Estatísticas descritivas mensais, maiores e menores médias e ano de ocorrência para as temperaturas de solo, medidas pelos geotermômetros, para a profundidade 5 centímetros, do período de 1987 a 2011, para São João do Cariri.

Mês	Média (Mensal)	Maior média mensal diária (ano de ocorrência)	Menor média mensal diária (ano de ocorrência)	DP	$C_v(\%)$
Janeiro	35,06	41,80(1987)	26,70(2004)	2,54	7
Fevereiro	34,94	41,10(2008)	26,70(1992)	2,08	6
Março	34,31	42,00(1994)	27,00(1994)	2,02	6
Abril	33,01	38,30(2002)	25,50(1988)	2,01	6
Maio	35,06	40,00(2001)	24,70(1990)	2,54	7
Junho	35,07	34,60(2003)	24,50(2009)	2,54	7
Julho	28,27	34,10(2003)	24,10(2004)	1,30	5
Agosto	29,77	36,10(2004)	23,50(1991)	0,96	3*
Setembro	32,92	38,50(2002)	25,30(1992)	1,43	4
Outubro	35,18	40,70(2005)	27,60(1998)	1,30	4
Novembro	36,35	41,5(1990)	28(1996)	1,00	3*
Dezembro	35,98	42,7(2007)	25,4(1988)	1,82	5

Considerando os coeficientes de variação (todos inferiores a 10%), estas médias são ditas representativas, assim como demonstram os coeficientes de variação encontrados para Temperatura da Superfície estimada explicitados na tabela 13. Demonstrando que essas temperaturas, diferentemente dos valores de SAVI encontrados, possuem pouca amplitude de variação e aumentam conforme os recortes estudados, o que pode estar relacionado com desmatamento recorrente nas últimas décadas, efeitos do clima e consequentemente aos aspectos representativos da desertificação.

Conferindo o caráter de associação e comprovação entre os dados das imagens e os dos geotermômetros, de que os valores estimados condizem com as imagens estudadas, têm-se os valores da tabela 17. Pode-se inferir que os dados estimados em muito se aproximam aos medidos o que os tornam representativos e condizentes com a realidade.

As temperaturas provenientes dos geotermômetros foram as coletadas no horário das 9h. Observa-se que todas provenientes da profundidade 2 centímetros superam os 30 °C, enquanto que as dos 5 centímetros estão próximas aos 30 °C.

Tabela 17 – Temperatura da Superfície estimada a partir das imagens do Landsat 5 pelas imagens e Temperatura medida pelos geotermômetros na profundidade 2 e 5 centímetros para o horário das 9h.

Dia	Temperatura Estimada	Temperatura Medida	
		2 cm	5 cm
02 /08/1989	36,0	32,4	29,0
18 /06/1990	35,0	31,0	27,6
29 /07/2005	36,0	37,5	36,5

Pela tabela 15, onde se encontram os valores referentes à profundidade de 2 centímetros, pode-se perceber que a menor temperatura observada ocorreu no ano de 1988 (22,2 °C no mês de Julho), enquanto que a mais alta ocorreu em 2009 (47°C em outubro). O maior coeficiente de variação (8%) foi constatado durante o mês de março, que de acordo com a análise da precipitação pluviométrica é um dos meses onde se concentra o período chuvoso.

Já na de 5 centímetros, o maior coeficiente de variação foi registrado para o mês de maio (7%), as máximas concentradas nos meses secos (42,7°C (2007) e 41,8 °C (2008)), em dezembro e janeiro, e as mínimas 24,1°C (2004) e 23,5 °C (1991) nos meses de julho e agosto.

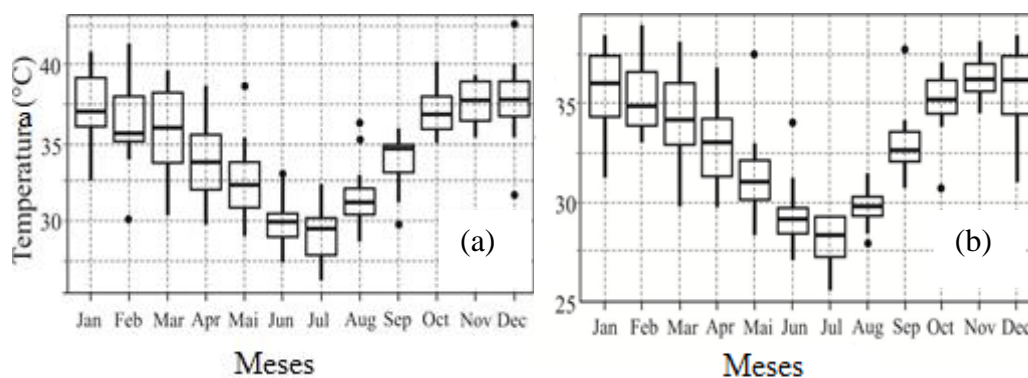
Entre as duas profundidades, percebe-se, apesar de não ser acentuada, que há diferenças entre as temperaturas. As encontradas na profundidade de 5 centímetros apresentam-se um pouco menores do que as de 2 centímetros, talvez porque sofram menor interferência da superfície. Observa-se também que as menores médias mensais concentram-se em junho e julho, período do ano de menor intensidade solar e que equivaleria ao período chuvoso.¹⁵

Além deste período, as temperaturas sofrem influências das anomalias climáticas. Quando há a ocorrência do El Nino ou La Niña, de acordo com análise feita, as temperaturas do solo são completamente influenciadas. No ano de 1993 (na média mensal de março), ainda de acordo com a tabela 15, foi registrado pelo INPE um evento forte de El Niño, o que caracterizou um ano muito seco.

¹⁵ De acordo com AB'SABER (2003), não há estações do ano nos ambientes semiáridos e sim o que ele descreve como uma aridez sazonal, com verões quentes e chuvosos.

A figura 34 reúne as estatísticas (os intervalos) encontradas para as temperaturas mensais dos geotermômetros, expressas em quartil (quartil 1, média, e quartil 2). Pode-se visualizar que, com exceção dos meses de junho, julho e agosto, todos os meses estão em intervalos de temperatura que normalmente superam os 25°C. Os pontos escuros representam os anos em que as temperaturas do solo oscilaram revelando uma variabilidade que está associada aos eventos de El Niño e La Niña.

Figura 34 – Box plot para as temperaturas mensais de solo, em ° C, para as profundidades de 2 e 5 centímetros, na Bacia Experimental de São João do Cariri. (a) Profundidade 2 centímetros; (b) Profundidade 5 centímetros.



Além de 1993, destacam-se os anos de 1992 e 1998, anos em que o El Niño influenciou nas altas temperaturas nos meses de fevereiro, maio, junho, agosto e setembro, e nos anos de 1995, 1989 e 2008, como sendo de períodos chuvosos para os CV, podendo ser caracterizados como períodos de ocorrência de La Niña.

Uma explicação plausível para os meses de junho e setembro não terem sido aceitos, hipoteticamente, está na variação das temperaturas ocorridas durante esses meses. Como as medições nos geotermômetros são feitas em três horários, foram registrados casos isolados de temperaturas superiores aos 35°C para o horário das 15h, nos meses de junho, setembro, outubro, novembro e dezembro.

Outro aspecto que precisa ser considerado em relação ao aumento das temperaturas para os CV, é a quantidade de municípios (distritos até antes de 1996) que foram criados no decorrer do período estudado, o que pode ter provocado uma intensificação no uso da terra. Este foi um dos aspectos que contribuíram para a supressão da vegetação e, consequentemente, para o aumento das Temperaturas da Superfície. O quadro 1 mostra as porcentagens de solo exposto calculados para os municípios que estão inseridos totalmente na área de estudo antes e depois da ocorrência da criação dos municípios.

Quadro 1 – Porcentagem dos valores dos pixels relacionados com as classes de solo exposto para os municípios inseridos nos Cariris Velhos para o período estudado.

Municípios	Recorte de 1980	Recorte de 1990	Municípios	Recorte de 1980	Recorte de 1990
Barra de São Miguel	37,01%	59%	São João do Tigre	27%	58,47%
Boqueirão	19,85%	24%	São Sebastião do Umbuzeiro	26%	65,49%
Cabaceiras	33,03%	54,67%	Sumé	22%	71,36
São Joao do Cariri	45%	68,98%	Livramento	36,19%	68%
Gurjão	49,75%	71%	São José dos Cordeiros	43%	68,72%
Camalaú	54,20%	71,40%	Taperoá	34,29%	73%
Congo	55,27%	71%	Aroeiras	32%	33,33%
Serra Branca	36,12%	76%	Natuba	40,15%	44,12%
Monteiro	26,04%	70%	Umbuzeiro	32%	37%
Ouro Velho	27%	62%	Soledade	28,11%	55%
Prata	24,49%	68%	Olivedos	28,35%	49%
Municípios	Recorte de 2000		Municípios	Recorte de 2000	
Assunção	75%		Gurjão	72%	
Taperoá	79%		São João do Cariri	64%	
Livramento	75%		Cabaceiras	59%	
Parari	68%		São Domingos do Cariri	64%	
São José dos Cordeiros	67%		Caraúbas	77%	
Amparo	55%		Barra de São Miguel	58%	
Ouro Velho			Boqueirão	32%	
Prata	64%		Caturité	65%	

Quadro 1 - Porcentagem dos valores dos pixels relacionados com as classes de solo exposto para os municípios inseridos nos Cariris Velhos para o período estudado.

(Continuação)

Municípios	Recorte de 2000	Municípios	Recorte de 2000
Sumé	65%	Riacho de Santo Antônio	45%
Serra Branca	66%	Barra de Santana	52%
Coxixola	72%	Alcantil	58%
Congo	66%	Gado Bravo	62%
Monteiro	66%	Santa Cecília	73%
Camalaú	70%	Aroeiras	66%
Zabelê	77%	Umbuzeiro	66%
São Sebastião do Umbuzeiro	68%	Natuba	57%
São João do Tigre	35%	Soledade	51%
Santo André	70%	Olivedos	70%

De modo geral, percebe-se que houve um aumento significativo no decorrer do tempo das classes de solo exposto em todos os municípios estudados. Entretanto, para o recorte de 1990, a classe de solo exposto apresentou um aumento significativo em relação ao recorte de 1980. Nessa análise agrega-se o fato das imagens de boa parte dessa década não apresentarem quase cobertura vegetal devido aos eventos intensos de El Niño ocorridos durante esse período, repercutindo diretamente na vegetação, pois o sensor que capta as imagens de satélite confunde os alvos devido ao aspecto caducifólio da vegetação.

Em ordem hierárquica de valores, pelo quadro 1, os municípios inseridos nas porções leste, sul e nordeste da bacia possuem porcentagens menores de solo exposto, sendo que nos municípios inseridos na porção sul no último período estudado, há um aumento significativo dessa classe, tendo como exemplo São Sebastião do Umbuzeiro com 68 % da sua cobertura comprometida com o solo exposto. Travassos (2012) atribui isso ao pólo gesso de Pernambuco, que vem contribuindo para que esteja havendo o desmatamento excessivo nessas áreas. Deste modo, da forma como foi conduzida a análise das transformações temporais na cobertura vegetal, considera-se que houve um processo de degradação intensa, desencadeando a desertificação, em todos os municípios nesse período.

Assim como em Souza (2008), nesta pesquisa foi feita a associação da desertificação com os diferentes tipos da caatinga, sendo que desta vez em parceria com dados do IAF e da

Temperatura da Superfície (Tsup). Com base nessas considerações, tem-se a situação apresentada na tabela 18, com o estágio em que se encontram para o último recorte.

Tabela 18 – Níveis de susceptibilidade à desertificação mais recentes enquadrados pelas classes de solo exposto para o último recorte estudado nos Cariris Velhos.

Tipologia de Caatinga	IAF	T(sup)	Nível de Suceptibilidade
Caatinga arbustivo aberta fechada e Caatinga arbustivo arbórea fechada	0,13%	0,62%	Áreas não desertificadas
Caatinga arbustivo fechada	0,16%	2,54%	Desertificação moderada
Caatinga arbustivo semiaberta	0,98%	28,17%	Desertificação grave
Caatinga arbustiva	66,57%	26,15%	Desertificação muito forte

Considerando que as prováveis áreas desertificadas estão enquadradas nas classes de solo exposto, pode-se inferir, diante dos resultados que foram gerados, que a probabilidade da desertificação estar avançado é significativa, uma vez que de acordo com a tabela 18 pelos níveis de desertificação definidos uma parcela mínima das áreas, cerca de 0,13 %, são consideradas áreas não desertificadas e é composta por Caatinga arbustivo aberta fechada e Caatinga arbustivo arbórea fechada com 0,62% dos valores de temperatura da superfície variando entre 15 e 23°C.

Áreas com desertificação moderada, dentro da tipologia de Caatinga arbustiva fechada estão representadas por 0,16% dos pixels com 2,54 % dos valores das temperaturas da superfície que vão de 23 a 27 °C. Para o nível de desertificação grave, 0,98% dos valores do IAF estão compreendidos nessa tipologia, para Caatinga Semi-Aberta, estando 28% dos valores de Tsup compreendidos entre 27 e 31°C.

E, por fim, a maior parte da área de estudo, 66,57%, possui grande probabilidade de estar em um nível de desertificação muito grave, com valores de Tsup superiores aos 31 °C, equivalendo a áreas com caatinga arbustiva.

Com isso, observa-se que é recorrente nos CV, no período estudado, uma perda significativa da vegetação. A retirada da vegetação natural e a dificuldade de sua recomposição representam aspectos relevantes para o processo de desertificação, e isto associado com a fragilidade ambiental e os efeitos do clima, pode provocar a redução da capacidade de produção das terras de modo irreversível, fato que está sendo potencializando pelas formas de uso da terra e em alguns momentos repercute nas condições de vida da população.

4.2 Fatores sociais e econômicos

O banco de dados que foi montado para as análises que foram tratadas nesse item levou em consideração as delimitações municipais da área de estudo, que foram sendo modificadas nas últimas décadas. Por isso, optou-se por considerar dois (2) recortes temporais para essa pesquisa. Segundo Moreira (2003), nenhum fato parece justificar esta fragmentação, a não ser os interesses políticos partidários bem localizados nas esferas econômica, social e até cultural desta região.

4.2.1 Contribuição dos indicadores sociais, econômicos, agrícolas e pecuários segundo os três fatores mais explicativos

RECORTE TEMPORAL 1

Considerando os resultados da análise fatorial em componentes principais, os três fatores extraídos para o primeiro período, pelo critério de Kaiser (CORRAR et al, 1999), explicaram cerca de 73% dos dados coletados e revelaram, a partir da variância, o poder de explicação de cada fator, conforme mostra a tabela 19.

Tabela 19 – Resultados encontrados (autovalores, % da variância e % da variância acumulada) para a extração de fatores componentes mais explicativas definidas a partir dos censos demográfico e agropecuário de 1980, 1985, 1990 e 1995.

Fator Comum	Autovalor	% da Variância	% da Variância Acumulada
1	4,72	36,86	36,86
2	2,72	19,78	56,14
3	2,52	17,00	73,14

Pelo gráfico 5, os resultados mostram a posição dos indicadores para a constituição do autovetor 1 (fator 1), correspondente a 36,86 % da variância explicada, que é formada pelas contribuições positivas dos indicadores situação rural (SR), população não natural (PNN), índice de desenvolvimento humano de renda (IDHMR), área de pasto plantado (APP), População Economicamente Ativa (PEA), estabelecimentos menores do que 20 hectares e produção animal (leite).

Já para a constituição do segundo autovetor (fator 2), tem-se uma projeção negativa, com variância explicada de 20 %, se fazendo presentes indicadores como produção de milho

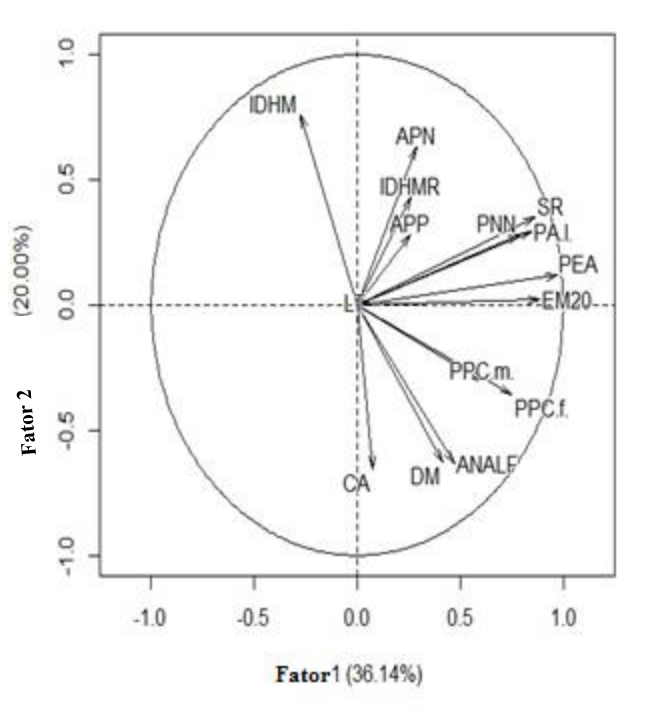
(PPC(m)), produção de feijão PPC(f)), densidade demográfica (DM), e porcentagem de analfabetismo (ANALF). Observa-se que para este período, não há divisão entre indicadores (socais, econômicos, agrícolas e pecuários). O nível de explicação é proveniente dos 3 aspectos, sendo que há uma presença maior (maior explicação), porém sutil, dos aspectos agropecuários.

Portanto, a questão relevante está em considerar que antes da década de 90, de acordo com o Portal de Transparência do Governo Federal, não havia influência das políticas públicas voltadas para a transferência de recursos às famílias mais carentes, o que implica dizer que a população dependia mais da produção obtida da terra.

Quadro 2 – Importância dos indicadores em relação aos fatores.

Indicadores	Pesos
Situação Rural	0,91
IDHM	0,82
Densidade Demográfica	0,61
Analfabetismo	0,28
População Não Natural	0,59
População Economicamente Ativa	0,95
IDHMR	0,61
Carga Animal	0,51
Pasto Natural	0,40
Pasto Plantado	0,33
Produção de Milho	0,75
Produção de Feijão	0,74
Produção Animal (leite)	0,89
Estabelecimentos Maiores do que 20 hectares	0,74
Lavoura Temporária	0,76

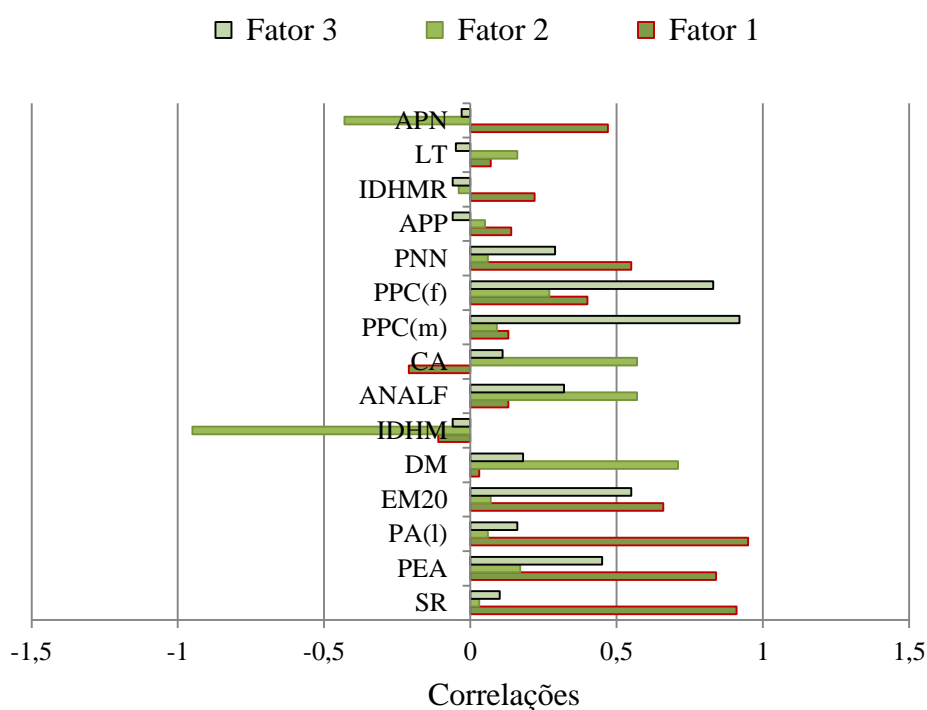
Gráfico 5 – Coordenadas dos indicadores utilizados no círculo de correlações unitário projetado no primeiro plano do primeiro e do segundo eixo fatorial para os censos demográfico e agropecuário de 1980, 1985, 1990 e 1995.



O gráfico 5 descreve o peso de cada indicador na composição dos perfis municipais na composição dos perfis municipais enquanto que o quadro 2 descreve o grau de relação existente entre eles, de modo a definir o poder de explicação de cada um na análise. Considerando que, apesar de serem inferiores a 0,5, eles não deixaram de ser importantes para

o contexto geral do período estudado. Assim, para os três primeiros fatores mais explicativos, (Gráfico 6) descreve a contribuição de cada indicador na composição dos perfis municipais. De modo que foi possível configurar três perfis capazes de descrever a realidade existente nos CV para meados da década de 80 e início da década de 90, dos quais têm-se:

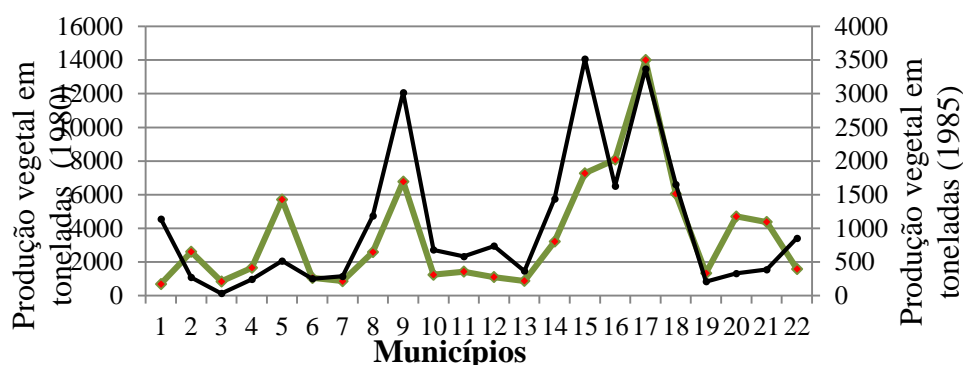
Gráfico 6 – Cargas fatoriais (correlações) para os três fatores comuns dos aspectos sociais, econômicos e agropecuários explicando 36, 14%, 20%, 17% da variância dos dados.



1) Produção agrícola e estrutura fundiária: O primeiro fator (mais explicativo) rotacionado, revelou aqueles indicadores com maior poder de explicação no fator, isto é, cerca de 36% dos dados estudados, os quais são descritos em ordem decrescente de pesos: Produção de milho (0,97), produção de feijão (0,80) e estabelecimentos menores do que 20 hectares (0,79).

O CPTEC registrou que de 1980 a 1983 houve um evento forte de El Niño, e deste modo, a produção tenha sido afetada.

Gráfico 4 – Quantidade de milho e feijão produzidos entre 1980 e 1985.



Legenda: -.-.-Produção de 1980--- Produção de 1985

Fonte: IBGE (1981e 1985).

De acordo com o gráfico 4, pode-se observar que as maiores produções de milho e feijão para esta época estão concentrados em municípios localizados nas porções sul, leste e oeste dos CV: Monteiro (19), Livramento (18), Taperoá (27), Aroeiras (32), Umbuzeiro (36), São Sebastião do Umbuzeiro (21) e São José dos Cordeiros (24). Entre 1980 e 1985 todos os municípios estudados registraram taxas de crescimento superiores a 70% na produção vegetal, confirmando que a produção não foi declinante, com exceção de São Sebastião do Umbuzeiro e Aroeiras, que cresceram apenas 63% e 61% na produção do milho, respectivamente.

Outro indicador que aparece marcadamente neste fator são os estabelecimentos menores que 20 hectares. Este, sem dúvida, é um dos aspectos que muito colaboram com a degradação. De acordo com Souza (2008), a região dos CV apresenta-se com uma quantidade muito expressiva de pequenas propriedades, como reflexo do regime latifundiário do passado, o que inviabiliza conciliar a atividade econômica com a preservação ambiental. O quadro 3 descreve as taxas de crescimento entre 1980 e 1985 dos estabelecimentos agropecuários entre 1980 e 1985.

Quadro 3 – Índice de crescimento dos estabelecimentos agropecuários entre 1980 e 1985.

Taxa de crescimento dos estabelecimentos agropecuários entre 1980 e 1985 (%)			
Municípios	1980 e 1985	Municípios	1980 e 1985
Barra de São Miguel	-8,11	São João do Tigre	4,87
Boqueirão	-39,05	São Sebastião do Umbuzeiro	-24,90
Cabaceiras	7,19	Sumé	-36,08
São Joao do Cariri	-35,9	Livramento	-44,01
Gurjão	41,52	São José dos Cordeiros	8,51
Camalaú	-21,1	Taperoá	22,12
Congo	21,8	Aroeiras	7,42
Serra Branca	-17,9	Natuba	-2,91
Monteiro	16,4	Umbuzeiro	-86,07
Ouro Velho	-22,6	Soledade	-12,84
Prata	-37,0	Olivedos	295,15

Como se pode perceber, uma boa parte dos municípios dos CV não apresentaram crescimento durante o período analisado. A exceção ficou apenas para Cabaceiras (7,19%), São João do Tigre (4,87%), São José dos Cordeiros (8,51%), Taperoá (22,12%) e de maneira bem expressiva, Olivedos (295,15%). Esses dados podem comprovar o resultado encontrado para o primeiro período da cobertura vegetal, que se apresentou mais preservada para a década de 80, isto é, a pressão exercida foi menos intensa e o quadro de chuvas mais acentuado.

2) Dinâmica populacional e desenvolvimento econômico: com cerca de 20% da variância explicada, aparecem como destaque a produção animal (leite) (0,91), situação rural (0,81), população não natural (0,52), população economicamente ativa (0,68) e IDHMR (0,49).

Pode-se dizer que população não natural, população economicamente ativa e IDHMR refletem o impacto sofrido pelos municípios dos CV em relação ao quadro recorrente das secas nesta época e das questões econômicas. Como exemplo desses acontecimentos tem-se o surto industrial ocorrido no Sudeste de 1953 a 1958, quando o Nordeste brasileiro e, conseqüentemente, os CV conviveram com intensos movimentos migratórios, dependência da população ativa e baixos crescimentos da renda per capita familiar. Este último é reflexo do baixo dinamismo econômico apresentado pelo Brasil em relação à média das economias emergentes e dos países latino-americanos (SALANA, 1997). Os dados observados em 1991

carregam características desse período, devido ao grau de influência que esses acontecimentos tiveram para a área de estudo.

Em relação à situação rural, segundo Sousa (2008), em decorrência das questões acima mencionadas, a dependência da população frente aos produtos agrícolas era bem expressiva. Considera-se que antes da década de 90 a população estava habituada a ter como principal fonte de sobrevivência os produtos provenientes das práticas agropecuárias (SOUZA, 2008), os quais contribuíam muito para a economia naquele momento.

Outro indicador expressivo é a produção de leite que explica, indiretamente, o crescimento do rebanho bovino, caprino e ovino, conforme mostra o quadro 3. Conforme Souza (2009), a produção animal gerou a derrubada da vegetação nativa e o consequente aumento da densidade animal, contribuindo para o sobrepastoreio.

Quadro 4 – Taxa de crescimento dos rebanhos entre 1980 e 1985.

Taxa de Crescimento dos rebanhos (%) entre 1980 e 1985			
Municípios	Bovino	Caprino	Ovino
Barra de São Miguel	36,22	14,31	39,02
Boqueirão	3,47	30,33	16,33
Cabaceiras	39,99	19,52	15,11
São Joao do Cariri	53,78	38,96	40,02
Gurjão	22,57	37,28	61,61
Camalaú	-5,25	35,91	24,17
Congo	56,09	15,06	14,91
Serra Branca	15,47	20,91	42,14
Monteiro	3,51	8,16	14,69
Ouro Velho	7,67	46,89	15,32
Prata	61,78	69,90	-4,77
São João do Tigre	-11,86	34,74	21,39
São Sebastião do Umbuzeiro	13,36	1,68	-16,34
Sumé	47,49	72,21	84,71
Livramento	66,82	113,80	162,41
São José dos Cordeiros	22,24	-27,64	11,10
Taperoá	5,44	38,48	38,14
Aroeiras	9,72	-28,56	-78,98
Natuba	9,68	7,11	-8,96
Umbuzeiro	9,11	-16,59	0,36
Soledade	20,58	3,35	24,39
Olivedos	9,11	-16,588	10,21

O quadro 4 mostra que apesar de crescente, os rebanhos ainda não possuíam um crescimento expressivo. A tabela 6 revela que a taxa de crescimento dos três tipos de

rebanhos é relativa, pois boa parte de municípios como Boqueirão (3,47%), Natuba (9,68%) e Umbuzeiro (9,15%), localizados na porção leste dos CV, onde a chuva é mais predominante, tem como rebanho expressivo o bovino. Nas porções sul e leste, o predomínio é maior entre caprinos e ovinos, sendo que a representatividade de caprinos é maior entre os municípios que fazem fronteira com a microrregião do Sertão do estado, isto é, Livramento (113,80%) e Taperoá (38,48%).

3) Desenvolvimento social: O terceiro e último fator explica 15% dos dados e revela como indicadores de maiores contribuições: IDHM (-0,66) e porcentagem de analfabetismo (0,62). Este é o fator menos representativo, pois os pesos dos indicadores são relativamente menores, sugerindo que a participação deles no contexto da realidade estudada, no modo como eles foram medidos, não é de grande representatividade, mas ainda explique algumas questões, como por exemplo, a dificuldade da população frente às questões relacionadas com a educação.

Sobre IDHM e taxa de analfabetismo, ao se observar o quadro 5, pode-se perceber que, com exceção de Livramento (-18,44%), todos os municípios cresciam positivamente em relação ao IDHM e negativamente em relação ao analfabetismo, menos São João do Tigre (5,94), o que implica dizer que apesar da problemática social, já havia indícios, naquele período, de melhorias no quadro da educação.

Quadro 5 – Taxa de crescimento do IDHM e do analfabetismo entre 1980 e 1991.

Taxa de crescimento entre 1980 e 1991 do IDHM e do analfabetismo					
Municípios	IDHM	ANALF	Municípios	IDHM	ANALF
Barra de São Miguel	14,68	-2,45	São João do Tigre	9,92	5,94
Boqueirão	12,82	-12,45	São Sebastião do Umbuzeiro	39,50	-17,06
Cabaceiras	23,243	3,97	Sumé	20,290	-13,13
São Joao do Cariri	18,38	-3,70	Livramento	-18,44	-5,40
Gurjão	18,36	-36,60	São José dos Cordeiros	36,36	-27,72
Camalaú	28,06	-3,32	Taperoá	13,09	-22,32
Congo	29,35	-3,26	Aroeiras	-4,63	-21,37
Serra Branca	17,9	-21,81	Natuba	3,89	-26,36
Monteiro	38,38	-19,35	Umbuzeiro	-4,71	-25,40
Ouro Velho	19,69	-16,41	Soledade	-19,90	-8,19
Prata	27,98	-19,11	Olivedos	-11,04	-29,21

Deste modo, diante do que foi considerado, a fim de associar os perfis gerados a partir da análise fatorial aos processos decorrentes dos aspectos estudados, tem-se o quadro 6 com as qualificações dadas a cada perfil por município.

Quadro 6 – Quadro síntese do primeiro perfil analisado para os Cariris Velhos a partir da análise fatorial em componentes principais.

Municípios	Estrutura fundiária e Produção agrícola	Dinâmica populacional e Desenvolvimento Econômico	Desenvolvimento Social
Barra de São Miguel	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Boqueirão	Crescente e em ascensão	Levemente declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Cabaceiras	Levemente declinante e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
São João do Cariri	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Gurjão	Levemente declinante e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Camalaú	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Congo	Levemente declinante e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Serra Branca	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Monteiro	Levemente declinante e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Ouro Velho	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Prata	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
São João do Tigre	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
São Sebastião do Umbuzeiro	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Sumé	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Livramento	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão

Quadro 6 – Quadro síntese do primeiro perfil analisado para os Cariris Velhos a partir da análise fatorial em componentes principais.

(Continuação)

Municípios	Estrutura fundiária e Produção agrícola	Dinâmica populacional e Desenvolvimento Econômico	Desenvolvimento Social
São José dos Cordeiros	Levemente declinante e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Taperoá	Levemente declinante e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Aroeiras	Levemente declinante e em ascensão	Declinante em Ascensão	Em Ascensão
Natuba	Levemente declinante e em ascensão	Levemente declinante e em ascensão	Em Ascensão
Umbuzeiro	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Soledade	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão
Olivedos	Crescente e em ascensão	Declinante e em Ascensão	Em Ascensão

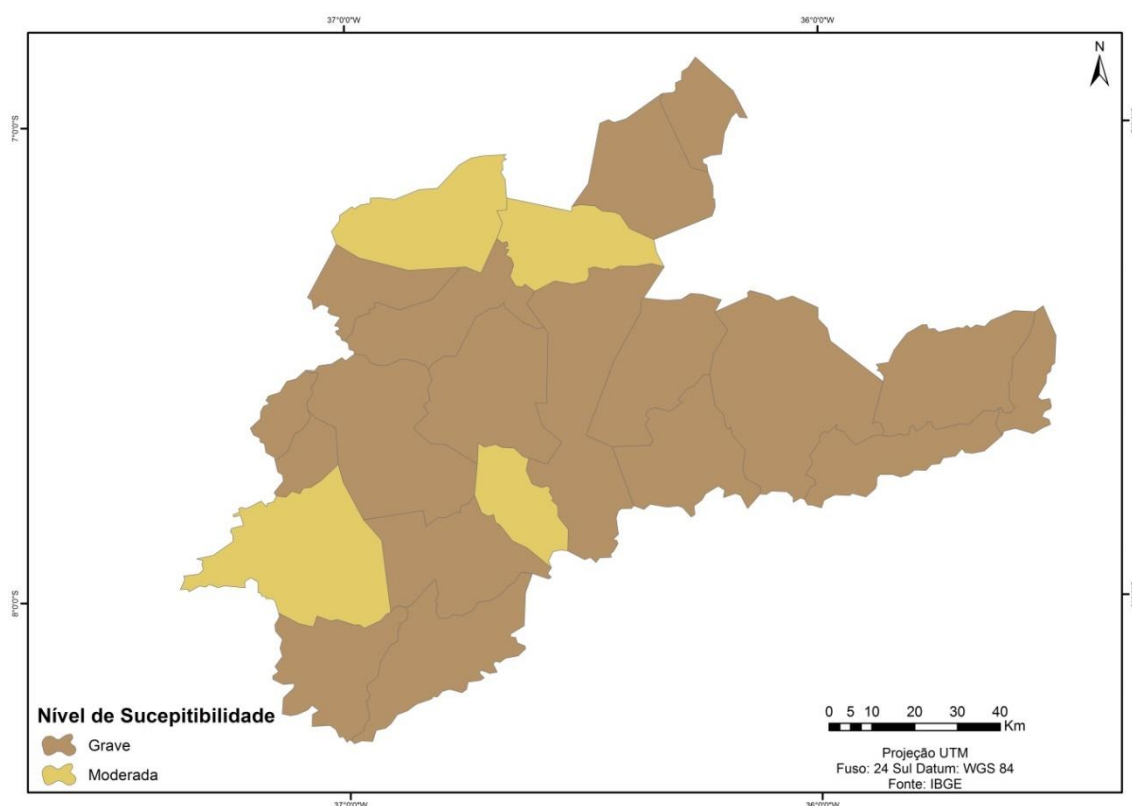
Verificou-se que, em relação à estrutura fundiária e à produção agrícola, Cabaceiras, Gurjão, Congo, Monteiro, Taperoá e Natuba possuem um perfil caracterizado como levemente declinante e em ascensão, o que implica dizer que durante este período, ao contrário dos outros municípios, não houve crescimento dos estabelecimentos agropecuários. Para Sampaio (2003) considera-se essa questão como um dos fatores mais preponderantes para o processo de desertificação, uma vez que os fatores relacionados à estrutura fundiária estão ligados aos aspectos que exercem pressão na terra, repercutindo, significativamente, na vegetação.

Em relação à dinâmica populacional, com exceção de Boqueirão que é caracterizado como levemente declinante, os demais municípios apresentaram um declínio. Já no que diz respeito ao desenvolvimento social, para este período todos os municípios estão em ascensão.

Sugere-se que, de modo geral, apesar de todos os fatores estudados estarem relacionados, os indicadores agrícolas e pecuários (uso da terra e produção agrícola) possuem certa relevância na análise por estarem enquadrados no perfil mais explicativo. Sobre os fatores sociais e econômicos, observa-se que eles possuem um poder menor de explicação na análise por estarem mais evidenciados no segundo e terceiro perfil, além de apresentarem melhora (sutil) no decorrer do período estudado.

Para efeito de ligação dessa dinâmica com a desertificação, considera-se o que efeito desse fenômeno não foi amenizado com a melhora do quadro social e econômico nos municípios estudados durante este período, se considerarmos a evolução dos estratos de vegetação estudados. Relacionando essa questão a um quadro de susceptibilidade a desertificação, pode-se dizer que os municípios estudados neste período estão enquadrados nos níveis forte e moderado de susceptibilidade à desertificação, conforme mostra a figura 36.

Figura 36 – Mapa síntese dos níveis de susceptibilidade à desertificação em relação aos fatores sociais e econômicos para o primeiro recorte estabelecido.



RECORTE 2

No que diz respeito ao segundo recorte, avalia-se que os três primeiros fatores extraídos pelo critério de Kaiser (CORRAR et al, 1999) explicaram cerca 70% dos indicadores provenientes dos Censos Demográfico e Agropecuário de 2000, 2006 e 2010, conforme explicitado na tabela 20, o que confere dizer que:

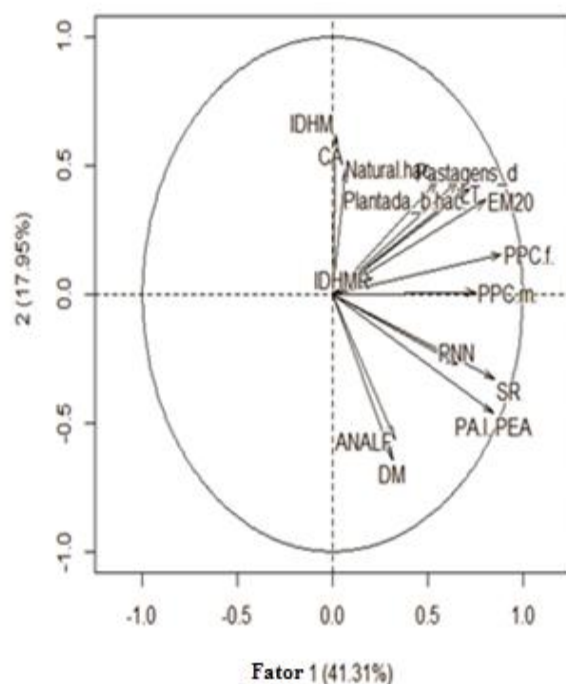
Tabela 20 – Resultados encontrados (autovalores, % da variância e % da variância acumulada) para a extração de fatores componentes mais explicativas definidas a partir dos Censos Demográfico e Agropecuário de 2000, 2010 e 2006.

Fator Comum	Autovalor	% da Variância	% da Variância Acumulada
1	4,78	41,31	41,31
2	3,77	17,94	59,25
3	1,10	10	69,25

De acordo com o gráfico 8, o primeiro autovetor (fator 1) explica 41,31 % da variância dos dados e é positivamente ligado aos indicadores produção de milho (PPC(m)), (PPC(f)), estabelecimentos menores do que 20 hectares, IDHMR, IDHM, área de pasto natural (APN), área de pasto degradada (APD), Pastagem boa para plantio (PBP) e Carga Animal (CA). Esse primeiro fator sintetiza o efeito preponderante das questões agrícolas e pecuárias sobre os aspectos que colaboram com a descrição do diagnóstico da desertificação. Conclui-se que há uma oposição entre os aspectos agropecuários e os sociais.

O segundo autovetor (fator 2) explica 17,95% da variância, sendo formado pelas contribuições negativas Taxa de Analfabetismo (ANALF), Densidade Demográfica (DM), Situação Rural (SR), População Não Natural (PNN), População Economicamente Ativa (PEA) e o único indicador proveniente do aspecto agropecuário que é Produção Animal (leite). Em relação às contribuições dos indicadores, registra-se que as maiores correlações (R^2) (Gráfico 9) confirmam o que foi apontado pelo mapa percentual, situando os aspectos agrícolas e pecuários como os mais os correlacionados e com maior explicação da variância.

Gráfico 8 – Coordenadas dos indicadores utilizados no círculo de correlações unitário projetado no primeiro plano do primeiro e do segundo eixo fatorial para os censos demográfico e agropecuário de 2000, 2010 e 2006.

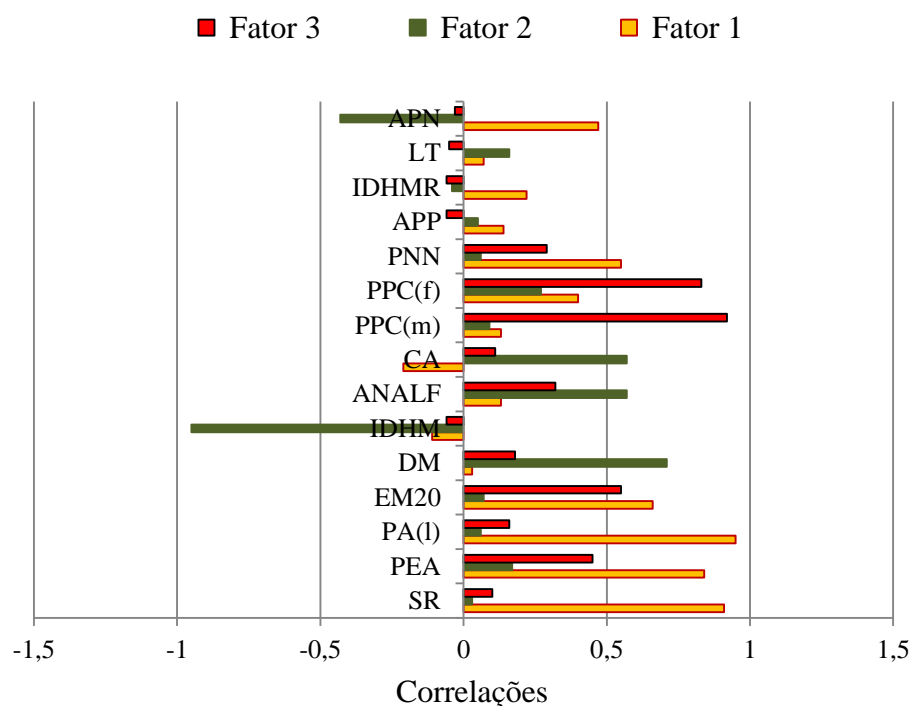


Quadro 7 – Importância dos indicadores em relação aos fatores.

Indicadores	Pesos
Situação Rural	0,91
IDHM	0,82
Densidade Demográfica	0,61
Analfabetismo	0,28
População Não Natural	0,59
População Economicamente Ativa	0,95
IDHMR	0,61
Carga Animal	0,51
Pasto Natural	0,40
Pasto Plantado	0,33
Produção de Milho	0,75
Produção de Feijão	0,74
Produção Animal (leite)	0,89
Estabelecimentos Maiores do que 20 hectares	0,74
Lavoura Temporária	0,76

O gráfico 8 expressa as contribuições dos indicadores para a formação dos perfis municipais, dado o grau de importância de cada um no fator. Registra-se que boa parte dos indicadores com altas correlações (variância mais explicada) estão mais concentrados entre os indicadores provenientes dos aspectos agrícolas. Sendo assim, foram traçados pelos três fatores (perfis) que registraram cerca de 70% da variabilidade total dos dados e estão postos da seguinte forma:

Gráfico 9 – Cargas fatoriais (correlações) para os primeiros fatores comuns dos aspectos sociais, econômicos e agropecuários explicando 41,31%, 20%, 15% dos dados.

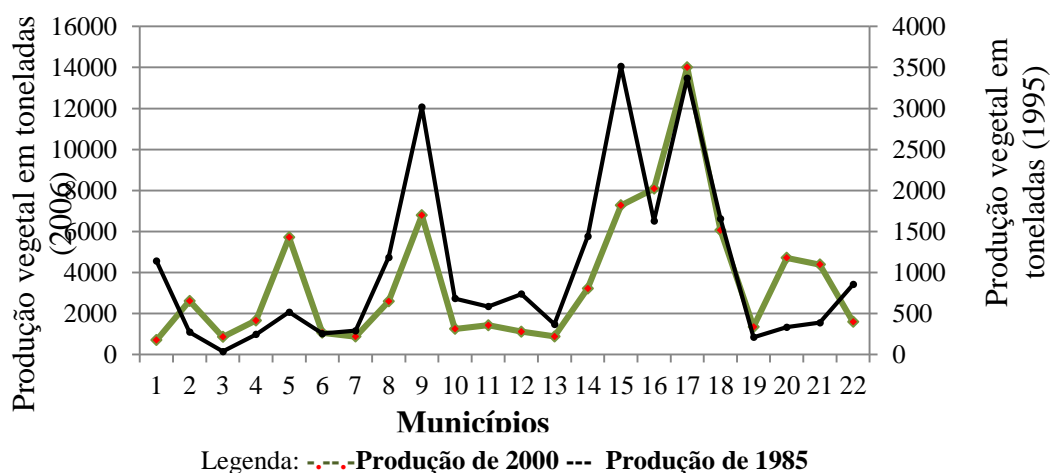


1) Produção agrícola e estrutura fundiária: Este fator explica cerca de 41,31% da variabilidade dos dados e todos os indicadores são provenientes dos aspectos agropecuários, dentre os quais têm-se: estabelecimentos maiores do que 20 hectares (0,84), produção de feijão (0,80), lavoura temporária (0,79), pastagens boas para plantio (0,78), pastagens degradadas (0,77), pastagens naturais e produção de milho (0,62).

Em ordem hierárquica, pela análise, os estabelecimentos agropecuários menores do que 20 hectares se configuram um dos mais importantes (correlacionados) indicadores analisados. Entre 1995 e 2006, dos municípios que não se desmembraram e apresentaram taxas de crescimento elevadas, comprovando a porcentagem encontrada para o solo exposto, destacam-se Congo (68%), Camalaú (477%), São João do Tigre (72%), Barra de São Miguel (131%) e Prata (351%). Relacionado a isso podem estar os principais tipos de pastagens encontradas nos CV, sendo que as degradadas (0,77) e boas para plantio (0,78) se tornam mais expressivas do que as naturais (0,62).

Para efeito de comprovação tem-se o gráfico 7 que revela a produção nesse período.

Gráfico 10 – Produção de milho e feijão considerando a produção vegetal de 1995 e 2006.



Fonte: IBGE(1981e 1985).

2) Dinâmica social: Neste fator, tem-se as maiores contribuições dos seguintes indicadores: Situação Rural (-0,79), Densidade Demográfica (-0,58), IDHM (0,47), analfabetismo (-0,55) e produção animal (-0,51), que explicam cerca de 17,94% dos dados. Este perfil traçado diz respeito à evolução dos indicadores sociais, isto é, no que diz respeito ao quadro de melhoramento.

Observa-se que IDHM e as taxas de analfabetismo são inversamente proporcionais, pois enquanto as taxas de IDHM crescem significativamente, as de analfabetismo decrescem, o que implica em um quadro de melhora para a população. De acordo com o quadro 10, esse crescimento é maior entre 2000 e 2010 do que no período analisado anteriormente. Com exceção de Gado Bravo (-28,7%) e Santa Cecília (-17,9%) que obtiveram taxas negativas no que diz respeito ao IDHM e Barra de Santana que ainda registrou crescimento na taxa de analfabetismo, todos os municípios crescem positivamente.

Uma explicação plausível para esse resultado seria que estes três municípios são os que ainda apresentam grande parte da população vivendo em situação de domicílio rural e, por isso, ainda estão ligados às práticas agrícolas e pecuárias, isto é, dependem mais da terra.

Quadro 8 – Taxa de crescimento do IDHM e do analfabetismo entre 2000 e 2010.

Taxa de crescimento entre 2000 e 2010 (%)					
Municípios	IDHM	ANALF	Municípios	IDHM	ANALF
Assunção	50,0	-13,95	Gurjão	29,1	-23,20
Taperoá	38,9	-17,60	São João do Cariri	34,3	-1,61
Livramento	44,4	-22,46	Cabaceiras	30,0	-8,42
Parari	26,0	-29,49	São Domingos do Cariri	19,5	-13,80
São José dos Cordeiros	41,5	-25,87	Caraúbas	33,0	-37,45
Amparo	54,6	-37,60	Barra de São Miguel	33,3	-23,54
Ouro Velho	33,2	-22,47	Boqueirão	41,2	-27,99
Prata	40,1	-33,13	Caturité	45,2	-27,33
Sumé	33,7	-13,60	Riacho de Santo Antônio	38,1	-26,31
Serra Branca	31,9	-25,65	Barra de Santana	23,3	5,38
Coxixola	48,4	-26,56	Alcantil	41,7	-9,44
Congo	31,7	-19,01	Gado Bravo	-28,7	-29,19
Monteiro	45,4	-5,19	Santa Cecília	-17,9	-13,38
Camalaú	28,6	-15,63	Aroeiras	43,5	-19,36
Zabelê	37,8	-35,27	Umbuzeiro	43,8	-26,37
São Sebastião do Umbuzeiro	43,5	-37,36	Natuba	43,1	-23,96
São João do Tigre	49,6	-23,50	Soledade	39,4	-26,95
Santo André	33,6	-7,87	Olivedos	36,7	-38,43

Para Nascimento (2013), as políticas públicas voltadas para incentivos à caprinocultura, só tem proporcionado o melhoramento no quadro econômico. Elas não levam em consideração que o tamanho das propriedades agropecuárias não suportam uma quantidade expressiva dos rebanhos e não consideram que boa parte dos animais, na maioria das vezes, vão buscar no pasto nativo ou no pasto plantado o seu alimento.

O quadro 9 revela taxas de crescimento negativas da situação rural e positivas da densidade demográfica em boa parte dos municípios, o que implica inferir que boa parte da população reside no perímetro urbano, diferentemente da situação de 1980 e 1991, de acordo com IBGE (2000; 2010). Conforme explicitado no quadro 9, 12 municípios (33%) ainda apresentam taxas de crescimento positivas para situação de domicílio rural, enquanto que 24 (77%) já não possuem maior expressividade nesse tipo de domicílio. Em relação à densidade demográfica, apenas seis municípios (16%) apresentam crescimento negativo e 30 (83%) taxas de crescimentos significativas.

Quadro 9 –Taxa de crescimento da situação rural e densidade demográfica entre 2000 e 2010.

Taxa de crescimento entre 2000 e 2010 (%)					
Municípios	SR	DM	Municípios	SR	DM
Assunção	-17,36	38,332	Gurjão	-1,63	20,87
Taperoá	11,78	2,971	São João do Cariri	2,36	0,64
Livramento	-21,45	24,233	Cabaceiras	5,35	-60,32
Parari	-49,27	205,649	São Domingos do Cariri	9,72	12,90
São José dos Cordeiros	-17,21	-4,024	Caraúbas	3,96	61,84
Amparo	-19,02	14,820	Barra de São Miguel	5,93	-53,09
Ouro Velho	-4,03	13,263	Boqueirão	-3,04	-81,50
Prata	16,82	2,765	Caturité	-3,41	-12,89
Sumé	-8,03	6,563	Riacho de Santo Antônio	-5,11	-76,62
Serra Branca	5,29	8,005	Barra de Santana	-15,51	79,06
Coxixola	18,73	-16,826	Alcantil	-37,89	0,63
Congo	-28,07	0,716	Gado Bravo	-7,77	-4,57
Monteiro	-3,74	149,442	Santa Cecília	-25,27	10,08
Camalaú	-2,79	-24,284	Aroeiras	4,33	28,56
Zabelê	-9,60	-31,343	Umbuzeiro	-35,93	0,35
São Sebastião do Umbuzeiro	-5,31	-14,806	Natuba	-1,63	20,87
São João do Tigre	-5,55	-16,949	Soledade	2,36	0,64
Santo André	-19,34	-4,092	Oliveiros	5,35	-60,32

3) Dinâmica populacional: Para esta configuração de perfil, tem-se os indicadores com menor porcentagem de variância explicada (15%): População não natural (0,51) e IDHMR (0,45).

O índice de Gini calculado no nível municipal ainda acusa uma grande concentração de renda, se situando entre uma concentração média e forte para as diferentes subdivisões, conforme explica o quadro 10. No entanto, pode-se observar a redução dos valores entre 2000 e 2010, com destaque apenas para alguns municípios que tiveram um crescimento mais acentuado, situados a leste dos CV (Gado Bravo, Aroeiras e Natuba) e o município do Congo que apresentou um crescimento neste período. Isto implica dizer que de 1980 até 2010 a economia tem repercutido positivamente para a região dos CV.

Quadro 10 – Índice de Gini dos municípios estudados.

Índice de Gini em 2000 e 2010					
Municípios	2000	2010	Municípios	2000	2010
Assunção	0,57	0,54	Gurjão	0,45	0,45
Taperoá	0,53	0,48	São João do Cariri	0,46	0,53
Livramento	0,58	0,5	Cabaceiras	0,5	0,46
Parari	0,46	0,49	São Domingos do Cariri	0,46	0,47
São José dos Cordeiros	0,49	0,49	Caraúbas	0,49	0,45
Amparo	0,47	0,5	Barra de São Miguel	0,55	0,45
Ouro Velho	0,48	0,47	Boqueirão	0,48	0,46
Prata	0,54	0,44	Caturité	0,43	0,56
Sumé	0,53	0,44	Riacho de Santo Antônio	0,5	0,43
Serra Branca	0,53	0,48	Barra de Santana	0,53	0,5
Coxixola	0,45	0,48	Alcantil	0,47	0,48
Congo	0,42	0,49	Gado Bravo	0,54	0,56
Monteiro	0,57	0,57	Santa Cecília	0,51	0,48
Camalaú	0,49	0,46	Aroeiras	0,53	0,58
Zabelê	0,41	0,41	Umbuzeiro	0,62	0,54
São Sebastião do Umbuzeiro	0,44	0,45	Natuba	0,52	0,54
São João do Tigre	0,63	0,51	Soledade	0,58	0,51
Santo André	0,61	0,47	Olivedos	0,51	0,49

Apesar da pouca expressividade apresentada no quesito população não natural, sugere-se que boa parte das pessoas que regressam à sua terra natal possui interesses relacionados a programas de incentivo governamental como Bolsa Família e Bolsa Escola. Durante as idas a campo, em conversas informais com algumas pessoas que vivem nos municípios estudados, foi observado que o quadro de população não natural era composto por pessoas que voltaram às suas cidades de origem, e, após anos vivendo em grandes centros urbanos, como São Paulo, elas foram cadastradas nas políticas assistencialistas. Para o ano de 2010, o Programa Bolsa Família registrou um montante de R\$ 21.834.269,00 destinados às famílias carentes da região dos CV. Outro fator preponderante foram as aposentadorias. Conforme Peixoto (2004), boa parte dos idosos utilizam este benefício para auxiliar seus filhos financeiramente.

Esta realidade difere do quadro encontrado para a população não natural no recorte anterior. Souza (2008) revela que para os anos de 1980 e 1991, principalmente para o início da década de 80, em que a diminuição da qualidade de vida deixava praticamente duas alternativas: a de explorar os recursos naturais existentes, deixando o ambiente muito fragilizado, ou sair de sua terra natal para os grandes centros, em busca de melhores condições.

Deste modo, considerando todos os perfis traçados para esse recorte, tem-se o quadro 11 e o mapa 37 expondo as classificações dadas a partir das maiores explicações obtidas. O primeiro ponto a ser ressaltado é a estrutura fundiária e a produção agrícola. Sob este aspecto, todos os municípios apresentam-se em ascensão, isto é, aumento dos respectivos indicadores que representam este perfil, enquanto que os dois outros oscilam entre constante, declinante e com leve crescimento, sugerindo que os maiores pesos são provenientes dos aspectos agrícolas e pecuários, se for considerado que além da porcentagem de variância explicada eles estão mais ligados à pressão exercida no solo e, conseqüentemente, nos aspectos físicos (vegetação).

Para esse período, observa-se uma melhoria da qualidade de vida da população, mais acentuada do que no período anterior, mesmo que o processo de desertificação tenha avançado no período estudado, conforme estabelecido com os indicadores físicos. Esse resultado indica que, mesmo que seja necessária uma análise mais aprofundada, o que não é o caso desta pesquisa, deve-se fazer um estudo mais aprofundado no quadro de reformulação das políticas públicas, no sentido de se considerar que elas não estejam só comprometidas com as questões sociais e econômicas, mas com a realidade ambiental dos CV.

Quadro 11 – Quadro síntese do segundo perfil analisado para os Cariris Velhos a partir da análise fatorial em componentes principais.

Municípios	Estrutura fundiária e Produção agrícola	Dinâmica social (População+Educação)	Dinâmica populacional
Assunção	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente e Constante
Taperoá	Em Ascensão	Leve Crescimento e em Crescimento	Crescente e Constante
Livramento	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente e Leve Crescimento
Parari	Em Ascensão	Crescente e em Crescimento	Crescente
São José dos Cordeiros	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Declinante e Leve Crescimento
Amparo	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Ouro Velho	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Prata	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Sumé	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Serra Branca	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Coxixola	Em Ascensão	Levemente declinante e em Crescimento	Crescente
Congo	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Monteiro	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente

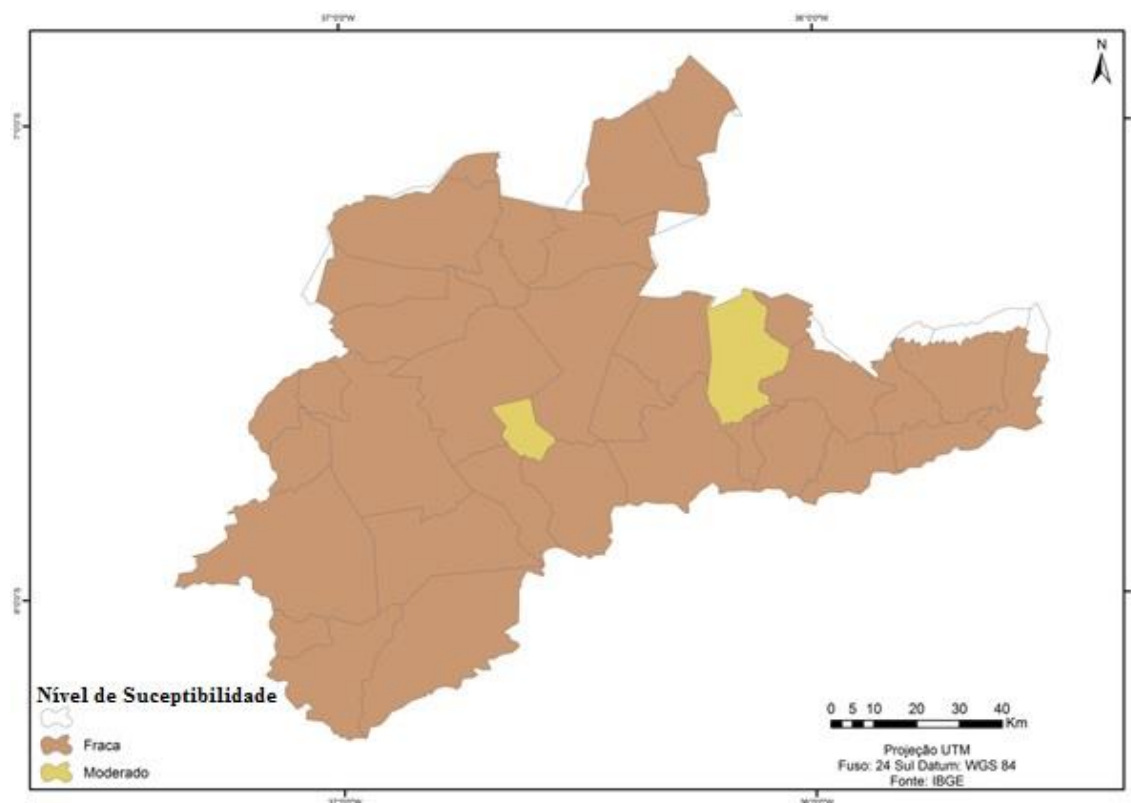
Camalaú	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
---------	-------------	----------------------------	-----------

Quadro 11 – Quadro síntese do segundo perfil analisado para os Cariris Velhos a partir da análise fatorial em componentes principais.

(Continuação)

Municípios	Estrutura fundiária e Produção agrícola	Dinâmica social (População+Educação)	Dinâmica populacional
Zabelê	Em Ascensão	Crescente e em Crescimento	Declinante e Constante
São Sebastião do Umbuzeiro	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente e Constante
São João do Tigre	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Santo André	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Gurjão	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
São João do Cariri	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Cabaceiras	Em Ascensão	Constante em Crescimento	Crescente
São Domingos do Cariri	Em Ascensão	Constante em Crescimento	Crescente
Caraúbas	Em Ascensão	Constante em Crescimento	Crescente
Barra de São Miguel	Em Ascensão	Constante em Crescimento	Crescente
Boqueirão	Em Ascensão	Levemente declinante e em Declínio	Crescente
Caturité	Em Ascensão	Crescente em Crescimento	Declinante e Crescente
Riacho de Santo Antônio	Em Ascensão	Crescente em Crescimento	Declinante e Crescente
Barra de Santana	Em Ascensão	Crescente em Crescimento	Crescente
Alcantil	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Gado Bravo	Em Ascensão	Em Declínio	Crescente e Constante
Santa Cecília	Em Ascensão	Crescente e em Crescimento	Crescente
Aroeiras	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Umbuzeiro	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Natuba	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Soledade	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente
Olivedos	Em Ascensão	Constante e em Crescimento	Crescente

Figura 37 – Mapa síntese dos níveis de susceptibilidade à desertificação em relação aos fatores sociais e econômicos para o segundo recorte estabelecido.



Assim, conclui-se que, para o período analisado tem-se que os indicadores se inter-relacionam e traçam o perfil dos CV, de modo que é evidente o quadro de melhoramento e agravamento dos aspectos analisados. Cada indicador tem a sua contribuição e relevância e ajuda a descrever a realidade existente e que existiu.

4.3 Sobre o diagnóstico da desertificação

De acordo com o que foi apresentado, fica patente uma mudança no quadro social, econômico, agrícola e pecuário no período estudado, configurando-se em dois momentos diferenciados, de modo que unindo esses resultados com o quadro físico, observa-se uma mudança na vegetação, independente da população possuir melhores condições de vida.

Em síntese, pode-se dizer que no primeiro momento, a população dependia diretamente dos produtos agrícolas e pecuários e a vegetação era mais preservada, mesmo que tenha ocorrido evento de a Niña forte durante esse período. Em um segundo, o quadro social e econômico apresenta melhoras sendo que os aspectos agropecuários tem maior peso na análise.

Assim, pelos resultados gerados, pode-se inferir que o processo de desertificação tem se instalado nos CV e tende para o agravamento da situação, chegando-se às seguintes considerações:

- O quadro do desmatamento é evidente e cresce a cada período, sendo que os períodos de estiagem contribuem para mudanças mais significativas no aspecto da vegetação;
- Em relação às classes de solo exposto e as elevadas temperaturas da superfície, torna-se evidente a dificuldade enfrentada na propagação de espécies, o que dificulta a recuperação de muitas áreas consideradas degradadas, isto é, que estão em processo de desertificação e consequente aumento de temperatura;
- Há uma melhora no quadro social no decorrer do período estudado, o que implica dizer que cada indicador tem o seu grau de contribuição na medida em que cada período vai sendo analisado e deste modo merecem ser observados sob diferentes perspectivas;
- Os indicadores mais importantes (de maior peso) são provenientes dos aspectos agropecuários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Eu sou de uma terra que o povo padece
 Mas não esmorece e procura vencer.
 Da terra querida, que a linda cabocla
 De riso na boca zomba no sofrer
 Não nego meu sangue, não nego meu nome
 Olho para a fome, pergunto o que há?”
 (SILVA, 1978, p. 118).

- Com base nos resultados obtidos, conclui-se que foi de extrema importância considerar técnicas estatísticas para elucidação das questões que convergem para desertificação nos CV. Essas técnicas foram capazes de diagnosticar a desertificação e mensurar (em parte) quais os aspectos que contribuem para o acontecimento desse fenômeno na região;
- As inter-relações presentes nos indicadores de desertificação selecionados a partir das literaturas anteriormente mencionadas na metodologia dessa pesquisa tornam-se evidentes, tomando como base o que foi tratado no capítulo anterior e em outros trabalhos que já utilizaram essa temática, sendo cada um com seu olhar (análise);
- A análise da variabilidade da precipitação pluviométrica para os anos das imagens revelou a forte sazonalidade e a variação temporal da precipitação e os modos (intensidades) diferenciados em que elas ocorrem, bem como a influência de fenômenos como El Niño e La Niña, chegando-se à conclusão de que a vegetação responde fortemente à precipitação;
- A economia, em alguns casos, responde aos efeitos de seca, porém, nos últimos censos observados, a análise da desertificação deve ponderar alguns aspectos no sentido de levar em consideração alguns indicadores sociais que podem mascarar alguns resultados;
- A fragilidade apresentada pelos dados provenientes das imagens de satélite dificultou uma melhor análise do processo de desertificação, porém, apesar dessa constatação, pôde-se inferir as diversas expressividades da cobertura vegetal e o aumento dos valores das Temperaturas da Superfície;
- Mesmo considerando uma sistematização de indicadores para formação do diagnóstico da desertificação, deve-se atentar ao fato, primeiramente, de acordo com a análise

feita, de que os aspectos ambientais, econômicos e sociais devem ser observados separadamente, para só então serem tiradas conclusões acerca da desertificação mais precisas. Um aspecto negativo em relação a essa conclusão é o fato de que cada aspecto precisa ser abordado de maneira diferente, para só então compor o diagnóstico da desertificação;

- Os incentivos governamentais, sem dúvida, geraram um quadro de melhora na qualidade de vida da população, que pode ser comprovada pelas taxas de crescimento calculadas para dois momentos na análise, isto é, antes e depois da criação dos municípios, entre os censos demográficos e agropecuários de 1980, 1985 e 1991 e entre os de 1995, 2000, 2006 e 2010;
- Essa análise mostrou um caminho de investigação para se chegar ao diagnóstico da desertificação, dentre tantos outros que podem ser seguidos, de modo que foi evidente um quadro de crescimento da degradação e consequentemente da desertificação para os CV ao longo dos anos, que se intensifica com o aumento das classes de solo exposto e a diminuição gradativa da cobertura vegetal, que dependendo do momento reflete-se na população com mais ou menos intensidade.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; TREZZA, R.; TASUMI, M. **Surface energy balance algorithms for land - Advance training and user's manual**. v.1.0, p. 98, 2002.

AB'SABER A.N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: Inst. Geogr. USP, Geomorfologia, n. 15.1969b, 15p.

_____. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação**. Geomorfologia, v.53, p.1-23, 1977.

ARAÚJO, A.L; SILVA, B. B. **Obtenção do saldo de radiação à superfície com dados do sensor orbital Landsat 5- TM e do modelo de elevação digital-MED**. IV Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007, 13p.

BECKER, B. **A Amazônia na Estrutura Espacial do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, 1974, p. 3-3.

BRASIL, **Programa de Ação Nacional de Combate à desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004a.

BRASIL. **Agenda 21 e sustentabilidade: Agenda 21, O Semiárido e a luta contra desertificação**. Ministério do Meio Ambiente. Caderno de debates, n. 6. Brasília. MMA, 2004b.

BURTON, I. **The Quantitative Revolution and Theoretical**. The Canadian Geographer. Canadian, p. 151-162, 1963.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Fundamentos de Geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 1999.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeão de. Representações Computacionais do Espaço: Um Diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu e MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html. Acesso em jul. 2014.

CÂMARA, G; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C. M. B.; MAGALHÃES G.; **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. SBC, X Escola de Computação, Campinas, 1996.

CHANDER, Gejanesh; MARKHAM, B. L; HELDER, D. L. **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors**. Remote Sensing of Environment: Elsevier, USA, 2009.

CAPEL, Horácio. **Filosofía y ciencia en la geografía contemporánea**. Barcelona: Barcanova, 1985.

CHRISTOFOLETTI, A. As características da nova geografia. In: CHRISTOFOLETTI, A. (Org.) **Perspectivas da geografia**. São Paulo: DIFEL, p. 71-101, 1982.

CONTI, J. B. **Desertificação dos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste brasileiro**. 271p. Tese de livre-docência. Programa de Pós-Graduação em geografia-USP, São Paulo, 1995.

CORRAR, L.J. et al. **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007. 542p.

CUNHA, Euclides da. **Os Sertões**. Ed. Especial. Editora: Nova Fronteira. Rio de Janeiro, 2011.

DREGNE, Harol. **Envergadura e difusión del processo de desertificación**: In: Proma das Naciones de las Naciones Unidas para el Médio Ambiente (PNUMA): Comision de la URSS de los Assuntos de PNUMA. Colonizacion de los territórios áridos y lucha contra la desertification: enfoque integral. Moscu: Centro de los Proyectos, 1987.

DUQUE, José Guimarães. **Solo e água no polígono das secas**. Fortaleza: DNOCS, 1973.

GEISER, P.P.; Lyra, A.M.S.; KUFFER, E.W.; Felicíssimo, P.L.P. **Introdução à análise de séries temporais**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v.36, n.4, p.81-108, 1974. 150p.

GIRARD, C. TEIXEIRA, L. **Prognóstico do tempo a longo prazo**. RT ECA-06/80, São José dos Campos, CTAIIAE, Brasil, 1978.

GREENACRE, M; HASTIE, T. **The geometric interpretation of correspondence analysis**. Journal of the American Statistical Association, USA v. 82:437-447. 1987.

GUERRA, Paulo de Brito. **A Civilização da Seca**. Fortaleza: Ed. DNOCS, 1981.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia; SILVA, Fabiana Lopes da; CHAN, Betty Lilian. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FAISSOL, S. A. **Teorização e quantificação na geografia**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 145-164, jan./mar, 1972.

_____. **A geografia quantitativa no Brasil: como foi e o que foi?** Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 51, n. 4, p. 21-52, out./dez, 1989.

FERREIRA, N. S. Zona de convergência intertropical. Boletim do Climanálise Especial - Comemoração dos 10 anos, São Paulo, 1996. Disponível em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/zcit_1. Acesso em: 05 out. 2014.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. . Oficina de textos: São Paulo, 2008.

IBGE. **Sinopse Preliminar do Censo Demográfico\ PB 1980**. Rio de Janeiro: IBGE, 1981.

- _____. **Sinopse Preliminar do Censo Demográfico\ PB 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991a.
- _____. **Censo Demográfico: Migração\ PB 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991b.
- _____. **Censo agropecuário\PB 1980**. Rio de Janeiro: IBGE, 1982.
- _____. **Censo Agropecuário\PB 1985**. Rio de Janeiro: IBGE, 1985.
- _____. **Censo Agropecuário\PB 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.
- HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HARVEY, David. **A Condição pós-moderna**. São Paulo: Edições Loyola, 1989.
- Jones, R.M; Kearns, J.P. **Fortaleza, Ceará: Brazil rainfall**. Journal of Applied Meteorology, v.15, p.307-308, 1976. 520p.
- LANDIM, Paulo Milton Barbosa. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. São Paulo, Oficina de Textos, 2011.
- KOEPPEN, W. **Climatologia: un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fundo de Cultura Economica. México, 1948. 478p.
- LEMOES, J.J.S. **Níveis de degradação no Nordeste brasileiro**. Revista Econômica do Nordeste, v. 32, p. 406-429, 2001.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; **Remote Sensing and Photo Interpretation**. 3 ed. Wiley & Sons: New York, 1994.
- MARKHAM, G.C - **Apparente periodicities in rainfall at Fortaleza, CE, Brazil**. Journal of applied Meteorology, Vol 13, n 1, February, 1974.
- MARKHAM, B. L.; BAKER, J. L. **Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances**. International Journal of Remote Sensing, v. 8, n. 3, p.517-523, 1987.
- MANLEY, G. **A new geography**. The guardian, 1966.
- MANLY, B. J. F. **Métodos Estatísticos Multivariados**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO. 2001. 126 p.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: oficina de texto, 2007.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. **Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 17(1):1-10, 2002.

MORAES, A. C R .**Território e História no Brasil.** 1ª. ed. São Paulo: Hucitec/Annablume, 2002. v.1, 200p.

NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação.** Goiânia: UFG\ Ed. UFG, 2013.

NASCIMENTO, Sebastiana Santos do. **Análise Multitemporal do Processo de Desertificação na Sub Bacia Hidrográfica do Alto Paraíba.**2013. 156f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pos Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba, 2013.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro, IBGE, 1989. 422p.

RODRIGUES, V.; MATALLO JÚNIOR, H.; LINHARES, M.C.; GALVÃO, A.L.C.; GORGÔNIO, A.S. **Avaliação do quadro de desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas.** In Gomes, G.M.; Souza, H.R.; Magalhães, A.R. *Desenvolvimento sustentável no Nordeste.* Brasília, IPEA. 1995.

TRAVASSOS, Ibrahim Soares. **“Florestas Brancas” do semiárido nordestino: desmatamento de desertificação no cariri paraibano.**2012. 148f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pos Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba, 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE\SUPREN, 1977.

PETTIT, NA. **A non-parametric approach to the change-point problem.** *Appl. Statist.*, 28, 126–135,1979.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/consulta> acessado em 03/04/2014.

PONZONI, F. J.; SHIMABUBUKURU, Yosio Edemir. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação.** São José dos Campos: Parêntese, 2010.

VIANA, M.O.L.; RODRIGUES, M.I.V. **Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento.** *Revista Econômica do Nordeste*, 30(3): 264-294, 1999.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto** EDUFU- 1995.

ROGERSON, Peter A. **Métodos Estatísticos para geografia: um guia para o estudante.** 3ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

ROXO, M. J. O panorama mundial da desertificação. MOREIRA, E. (Org). In: **Agricultura familiar e desertificação.** João Pessoa: Ed. Universitária da UFPB, 2006, p. 11-32.

SABIS, F. F. Jr. **Remote Sensing Principles and Interpretation.** NY: Freeman, 1997.

SIDRA/IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Disponível em: www.sida.ibge.gov.br Acesso em: 01 de junho de 2014.

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.

SAMPAIO, Everardo V. S. B.; ARAÚJO, Maria do Socorro B.; SAMPAIO, Yony S. B. **Propensão a desertificação no Semi-Árido**. Revista de Geografia, Recife, v.22, n.2,p. 59-76, 2005.

SAMPAIO, E.V.S.B.; MENEZES, R.C.S. **Perspectivas de uso do solo no semi-árido nordestino**. In: Araújo, Q.R. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus, Editus, p.339-363. 2002.

SAMPAIO, Everardo V. S. B et al. **Desertificação no Brasil: Conceitos núcleos e tecnologias de recuperações e vivência**. Recife: Ed Universitária da UFPB, 2003.

SILVA, A. G. **Cante lá que eu canto cá**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1978.

SILVA, A. G. **Espinho e fulô**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1990.

SILVA, João dos Santos Villa da. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental: estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari**. 2003. 305f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA, A. J. **Web Mapping com OpenLayers**. Encontro de Software Livre na Administração Pública, 28 de Janeiro 2009, Lisboa Disponível em <http://mapas.igeo.pt/eslap2009/Textos/AntonioSilva/Webmappingopenlayers_texto.pdf>. Acesso em abril de 2014.

SILVA, J. dos S; SANTOS, R. Ferreira dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada a Bacia do Alto Taquiri**. Embrapa: Campinas, 2011.

SOBRINHO, Tomás Pompeu. **História das Sêcas (século XX)**. Fortaleza: Ed. Batista Fontenele, 1953.

SOUZA, Ridelson F.; BARBOSA, Marx Prestes; NETO, C. P. C. Terceiro; CARVALHO, Aurean de Paula Carvalho. **Uso das geotecnologias no diagnostico da degradação das terras no município de São João do Cariri- PB**. Revista Caatinga, Mossoró, v.21, n.1, p. 204-210, 2008.

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 a desertificação**. 2008. 198f. Tese (Doutorado em Geografia)- UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SOUZA, B. I; SUERTGARAY, M. D; LIMA, E. R. V. **Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do cariri paraibano**. Mercator, Fortaleza, v.8, n.16, p. 217-232, mai-ago. 2009.

STEVENS, Pamela Oliveira. **Análise espacial para conservação da biodiversidade no Geossistema do estuário do rio Paraíba**. 2014. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba, 2014.

SUERTEGARAY, D.M.A. Espaço Geográfico uno e múltiplo. In: SUERTEGARAY, D.M.A.; BASSO, L.A. & VERDUM, R. (Orgs.). **Ambiente e Lugar no Urbano: a Grande**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2002.

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.

SPEARMAN, C. **Multivariate Observations**. Wiley, New York, 1904.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE\SUPREN, 1977.

VASCONCELOS SOBRINHO, João. **O deserto brasileiro**. Recife, UFPE/Imprensa Universitária, 1974.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Desertificação no Nordeste do Brasil**. Recife, Editora Universitária, 127p. 2002.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. S. B; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga**. Associação de Plantas do Nordeste, Recife, 2002.

VIGANÓ, H. A; BORGES, E. F; FRANCA-ROCHA, W. J. S. **Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster**. Simpósio de Sensoriamento Remoto 2011.

_____. **O grave problema ecológico da desertificação**. Brasília: CNPQ, 1978a.

_____. **Processo de Desertificação no Nordeste Brasileiro**. Brasília, 1978b.

APÊNDICE

APÊNDICE A Organização dos Municípios inseridos na antiga delimitação dos Cariris Velhos de acordo a reestruturação das Microrregiões e das municipalizações ocorridas nos últimos 30 anos.

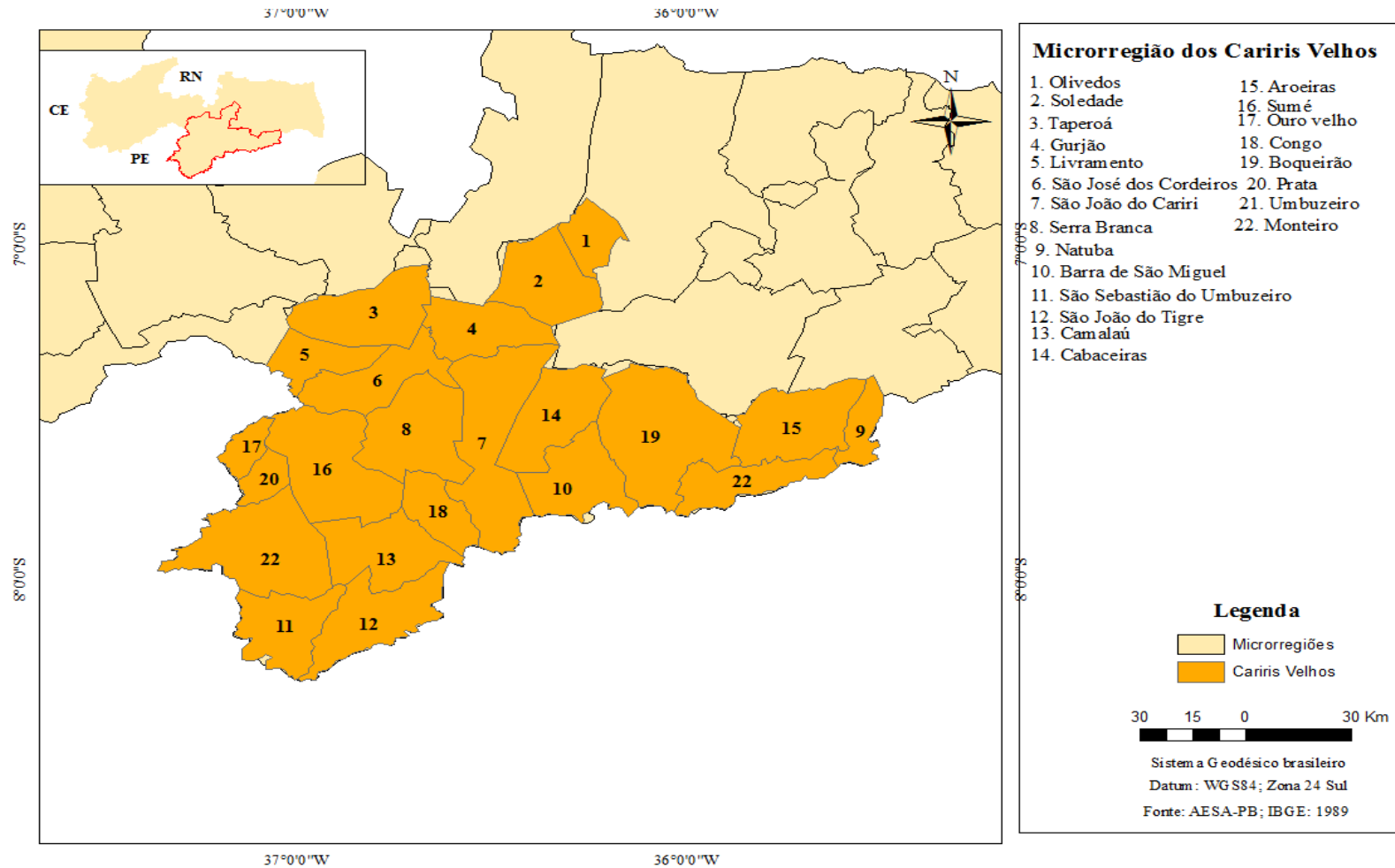


Figura x: Delimitação da Microrregião dos Cariris Velhos e dos municípios de acordo com IBGE (1981).

APÊNDICE B Organização dos Municípios inseridos na antiga delimitação dos Cariris Velhos de acordo a reestruturação das Microrregiões e das municipalizações ocorridas nos últimos 30 anos.

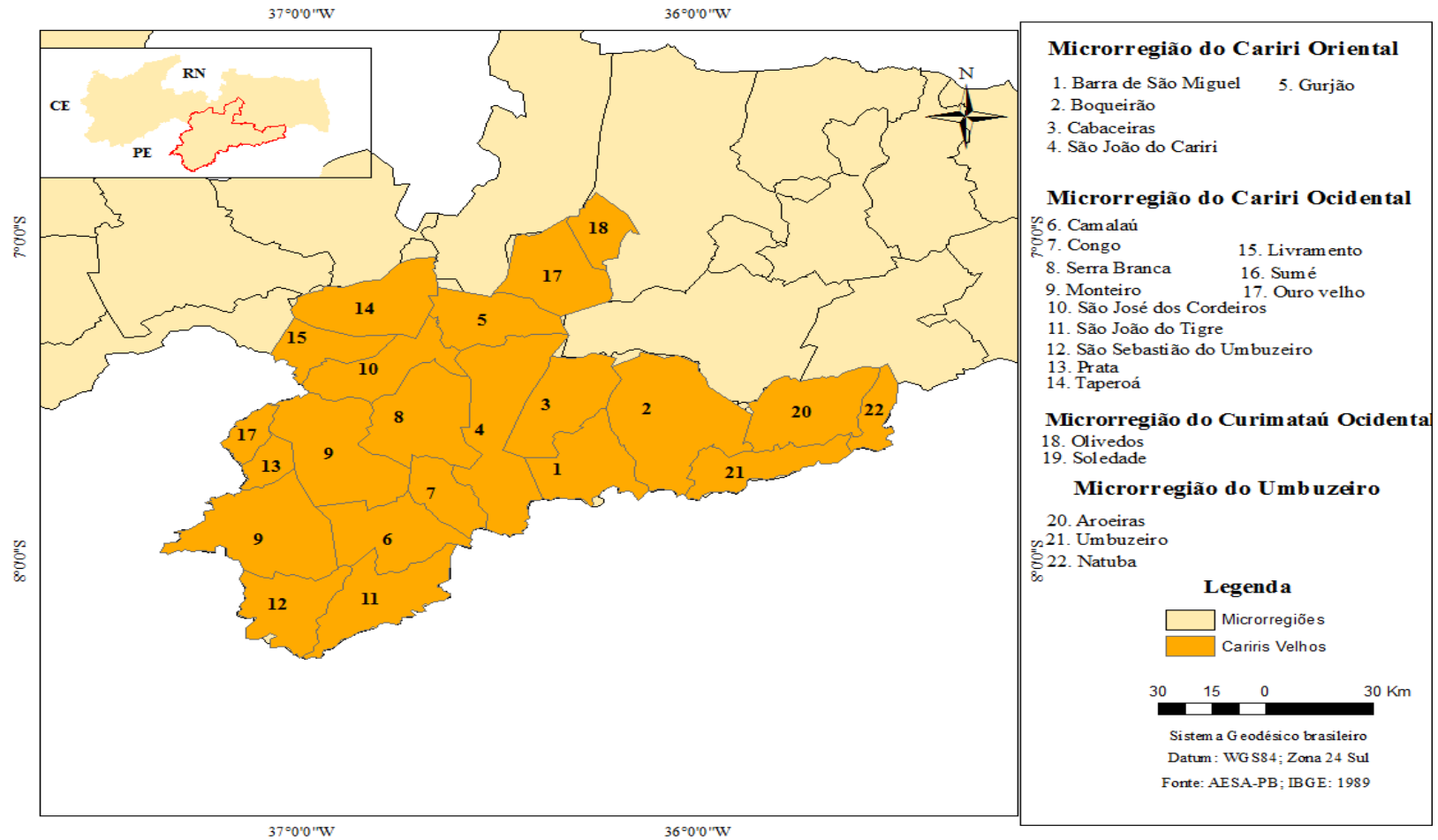


Figura x: Delimitação da Microrregião dos Cariris Velhos e dos municípios de acordo com IBGE (1991).

APÊNDICE C Organização dos Municípios inseridos na antiga delimitação dos Cariris Velhos de acordo a reestruturação das Microrregiões e das municipalizações ocorridas nos últimos 30 anos.

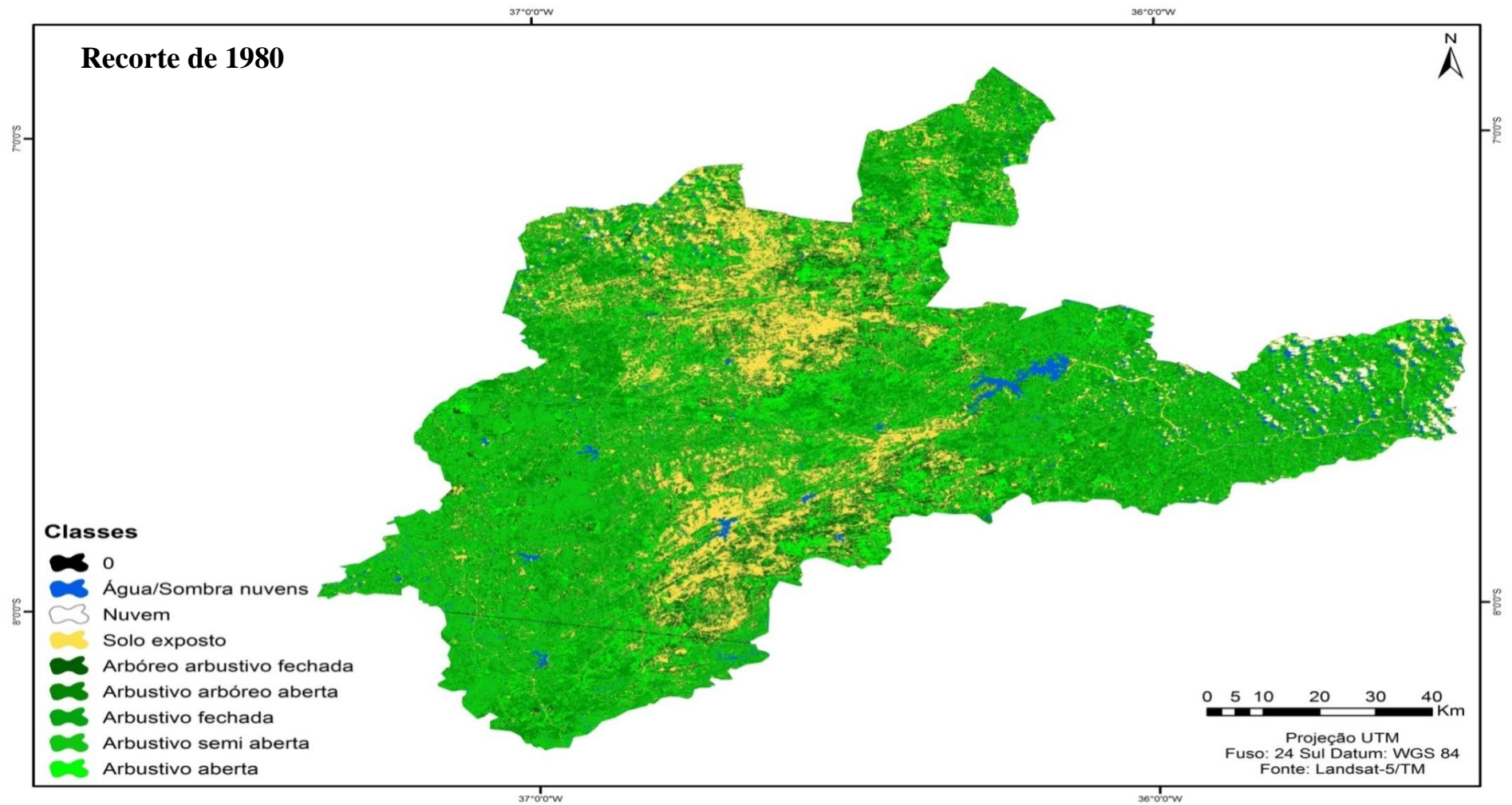


Figura x: Classificação da cobertura vegetal do recorte de 80 gerada para os Cariris Velhos.

ANEXO A Anos de ocorrência e intensidade do El Niño e da La Niña para o período estudado.

Eventos de El Niño		Eventos de La Niña	
Ano de Ocorrência	Intensidade	Ano de Ocorrência	Intensidade
1982-1983	Forte	1983-1984	Fraco
1986-1988	Moderado	1984-1985	Fraco
1990-1993	Forte	1988-1989	Forte
1994-1995	Moderado	1995-1996	Fraco
1997-1998	Forte	1998-2001	Moderado
2004-2005	Fraco	2007-2008	Forte
2006-2007	Fraco	-	-
2009-2010	Fraco	-	-

Fonte: CPTEC (2010).