



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE HUMANIDADES – CH
UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA – UAG
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

POLIANA MARIA DA SILVA VALDEVINO ESTEVES

**AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL AO PROCESSO DE
DESERTIFICAÇÃO NO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO**

CAMPINA GRANDE – PB
2019

POLIANA MARIA DA SILVA VALDEVINO ESTEVES

**AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL AO PROCESSO DE
DESERTIFICAÇÃO NO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Geografia da Unidade Acadêmica de Geografia
da Universidade Federal de Campina Grande
UFCG/CG, como requisito parcial para obtenção
do título de Licenciada em Geografia.

Orientador: Prof. Drº. Sérgio Murilo Santos de
Araújo.

**CAMPINA GRANDE – PB
2019**

POLIANA MARIA DA SILVA VALDEVINO ESTEVES

**AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL AO PROCESSO DE
DESERTIFICAÇÃO NO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Geografia da Unidade Acadêmica de Geografia
da Universidade Federal de Campina Grande
UFCG/CG, como requisito parcial para obtenção
do título de Licenciada em Geografia.

Orientador: Prof. Drº. Sérgio Murilo Santos de
Araújo.

Campina Grande – PB

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Drº Sérgio Murilo Santos de Araújo (UFCG-Orientador)

Prof. Drº Daniel Duarte Pereira (UEPB-Coorientador)

**Prof. Ms. Josué Barreto da Silva Júnior
PPGRN/UFCG**

**Profº Drº João Macedo Moreira
Profº Pesquisador INSA**

Os 11 Mandamentos Ecológicos do Padre Cícero

1. "Não derrube o mato, nem mesmo um só pé de pau
2. Não toque fogo no roçado nem na caatinga
3. Não cace mais e deixe os bichos viverem
4. Não crie o boi nem o bode soltos; faça cercados e deixe o pasto descansar para se refazer
5. Não plante de serra acima, nem faça roçado em ladeira muito em pé: deixe o mato protegendo a terra para que a água não arraste e não se perca a sua riqueza
6. Faça uma cisterna no oitão de sua casa para guardar água da chuva
7. Represe os riachos de cem e cem metros, ainda que seja com pedra solta
8. Plante cada dia pelo menos um pé de algaroba, caju, de sabiá ou outra árvore qualquer, até que o sertão todo seja uma mata só
9. Aprenda a tirar proveitos das plantas da caatinga, como a maniçoba, a favela e a jurema; elas podem ajudar a você conviver com a seca
10. Se o sertanejo obedecer a estes preceitos, a seca vai aos poucos se acabando, o gado melhorando e o povo terá sempre o que comer
11. Mas, se não obedecer, dentro de pouco tempo, o sertão todo vai virar um deserto só. Quem desmata, semeia o inferno na Terra."

Padre Cícero (1844-1934) - Greenpeace Brasil

Aos familiares e colegas que sempre estiveram ao meu lado, demais professores que contribuíram direto e indiretamente para que eu conseguisse chegar à concretização dessa etapa profissional e objetivo de vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A toda minha família – pai, mãe, esposo, irmãos, sobrinhos, tios, avó e primos – pelo apoio em todos os dias, não só acadêmicos, mas durante todo o percurso de vida.

A todos os colegas da turma 2015.1, principalmente aos mais próximos, Darciley Gomes, Denise Ramalho, Wellington Aragão, Germana Ramos, Humberto Sales e Braz de Lima Santos (*in memorian*) pelos anos compartilhados entre aprendizado, amizade e descontração.

A todos os professores do Curso de Licenciatura em Geografia da UFCG, que contribuíram nessa trajetória acadêmica e nesse primeiro passo de muitos que virão.

A turma do GEOAMB, em especial Josué Barreto e Magdiel Ferreira pela ajuda imprescindível para realização desse projeto.

Aos professores e orientadores Sérgio Murilo e Daniel Duarte Pereira pela paciência, apoio, dedicação, confiança e ensinamentos.

A todos os que contribuíram direta e indiretamente para essa conquista, o meu muito obrigada.

“Ainda hei-de ver um dia
A minha terra sem a praga da erosão

Ai! Quem me dera se eu pudesse
Se Deus me desse uma atenção
E ajustasse todo o povo
No mutirão para acabar com a erosão
Ainda hei-de ver um dia
De novo o verde
Se espalhar no meu sertão

A erosão parece uma serpente
Rachando a terra, devorando o chão
E a riqueza que era da gente
Vai toda embora com a erosão
Por isso, agora estou aqui cantando
Chamando o povo pra esse mutirão
Vamos minha gente, salvar nossa terra
Das rachaduras da erosão

No meu pedacinho de chão
Não tem perigo de erosão

Eu aprendi o jeito certo
De proteger a terra e a minha plantação
Ai, minha gente, que fartura
Tanta riqueza se espalhando pelo chão
É macaxeira, girimum caboclo
Batata- doce, melancia e melão
Feijão de corda se enroscando em tudo
Dá gosto de ver minha plantação
Lá no açude, a água tão limpinha
Espelha o verde e a criação
É tão bonito este meu pé-de-serra
Com a terra livre da erosão”

Erosão – Luiz Gonzaga

AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL AO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO NO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO

Poliana Maria da Silva Valdevino Esteves

RESUMO

Conduzir as ações humanas no rumo sustentável demanda entendimento das capacidades e fragilidades intrínsecas aos espaços geográficos. A degradação ambiental é característica do modelo predatório do uso inapropriado do espaço e que requer, cada vez mais urgente, planejamentos não só físico-territoriais como também sócioambiental. Nesse sentido, é necessário que as características físicas e sócioeconômicas sejam avaliadas de forma integradas. Este estudo tem por objetivo caracterizar e avaliar as fragilidades ambientais que levam os municípios que fazem parte da microrregião do Cariri Ocidental¹ Paraibano ao processo de desertificação através do uso de geotecnologias na elaboração de mapas de geologia, declividade, solos, vegetação e clima para posteriormente construir os índices de fragilidade ambiental da microrregião. Para tal, foram utilizados dois modelos metodológicos, o de Ross (1994) e Crepani *et al.*, (2001) que resultou na confecção de mapeamentos físicos e gráficos de ordem sócioeconômica do Espaço Geográfico em discussão. O uso de geoprocessamento mostra-se uma importante ferramenta na avaliação desse estudo em que foram manipulados o dados obtidos em software Qgis 18.1 e análise temporal do NDVI. O mapa de fragilidade ambiental foi confeccionado a partir de mapas de geologia, declividade, solo, vegetação e clima. O estudo das Fragilidades Ambientais proporcionam melhorar os direcionamentos relacionados à implantação de ações de gestão no espaço físico-territorial oferecendo subsídios para que medidas sejam implementados de forma planejada e consciente.

Palavras-Chave: Fragilidade Ambiental, Desertificação, Indicadores, Cariri Ocidental.

¹ Não foi levado em consideração a nova divisão microrregional do Brasil, pois esse novo formato de classificação regional não favorece os estudos físico-ambientais.

ENVIRONMENTAL FRAGILITY TO THE DEERTIFICATION PROCESS IN THE WESTERN CARIRI PARAIBANO EVALUATION

Poliana Maria da Silva Valdevino Esteves

SUMMARY

Conducting human actions on a sustainable course requires an understanding of the capacities and fragilities intrinsic to geographical spaces. Environmental degradation is characteristic of the predatory model of unpopular use of space and requires, more and more urgently, planning, not only physical-territorial but also socio-environmental. In this sense, it is necessary that the physical and socioeconomic characteristics be evaluated in an integrated way. This study aims to characterize and evaluate the environmental fragilities that lead to the desertification the municipalities that are part of the Paraíba Western Cariri² micro-region, process through the use of geotechnologies in the elaboration of maps of geology, slope, soil, vegetation and climate to later build the environmental fragility indexes of the micro-region. For this, two methodological models were used: Ross (1994) and Crepani *et al.*, (2001), which resulted in the elaboration of physical mapping and socioeconomic charts of Geographic Space under discussion. The use of geoprocessing is an important tool in the evaluation of this study in which the data obtained in Qgis 18.1 software and temporal analysis of NDVI were manipulated. The environmental fragility map was made from maps of geologia, declivity, soil, vegetation and climate. The study of the Environmental Fragilities provides and improve the directions related to the implementation of management actions in the physical-territorial space offering subsidies so that measures are implemented in a planned and conscious way.

Keywords: Environmental Fragility, Desertification, Indicators, Western Cariri.

² The new micro-regional division of Brazil was not taken into account, since this new regional classification format does not favor physical-environmental studies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Microrregião do Cariri Ocidental – PB.....	18
Figura 2 – Pluviosidade média anual da Paraíba(mm).....	19
Figura 3 – Mapa dos níveis de degradação na Paraíba com base na vegetação (PAE-PB)..	21
Figura 4 - Carta das Áreas em Risco de Desertificação da ONU com destaque para o Brasil.....	27
Figura 5: Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação na Paraíba	29
Figura 6 – Modelo de Geossistema proposto por Bertrand (1968).....	31
Figura 7 - Mapa geológico da microrregião do Cariri Ocidental.....	47
Figura 8 - Mapa de vulnerabilidade geológica do Cariri Ocidental Paraibano	47
Figura 9: Mapa Hipsométrico do Cariri Ocidental Paraibano.....	49
Figura 10 - Mapa de vulnerabilidade pedológica da microrregião do Cariri Ocidental....	50
Figura 11: Sumé - PB. Margem da Rodovia, antiga área de Capim Buffel.....	51
Figura 12: Solo do Cariri Ocidental.....	52
Figura 13: Assentamento Novo Mundo - Camalaú – PB.....	54
Figura 14: NDVI da área de estudo – 1989, 1998 e 2018.....	55
Figura 15: Variabilidade espacial dos totais anuais médios das chuvas.....	58
Figura 16: Chuvas em Camalaú -Pb. Assentamento Novo Mundo.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Temperatura Média do Cariri Ocidental (°C).....	20
Tabela 2: Padrões de classes de desertificação de acordo com o IA.....	25
Tabela 3: População rural e urbana residente no Cariri Ocidental Paraibano – Censos 2000 e 2010.....	34
Tabela 4: IDH-M dos Municípios do Cariri Ocidental.....	44
Tabela 5: Grau de vulnerabilidade geológica da microrregião do Cariri Ocidental.....	48
Tabela 6: Grau de vulnerabilidade geomorfológica para microrregião do Cariri Ocidental.....	50
Tabela 7: Porcentagem dos graus de vulnerabilidade pedológica no Cariri Ocidental....	53
Tabela 8: Grau de vulnerabilidade da vegetação para microrregião do Cariri Ocidental....	56
Tabela 9: Precipitação Média (mm).....	58
Tabela 10: Índice de Aridez para os municípios do Cariri Ocidental – PB.....	60
Tabela 11: Evapotranspiração Potencial Média (mm).....	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Variação da população entre 2000 e 2010.....	35
Gráfico 2: População Rural entre 2000 e 2010.....	35
Gráfico 3: Municípios com maior população rural.....	37
Gráfico 4: Série Histórica de Extrativismo Vegetal no Cariri Ocidental Paraibano.....	37
Gráfico 5: Efetivo dos rebanhos caprinos e bovinos do Cariri Ocidental – PB (2017)...	40
Gráfico 6: Efetivo dos rebanhos bovinos do Cariri Ocidental – PB (2000 e 2017).....	41
Gráfico 7: Efetivo dos rebanhos caprino do Cariri Ocidental – PB (2000 e 2017).....	42
Gráfico 8: Série Histórica de Caprinos do Cariri Ocidental – PB (2007 a 2017).....	42
Gráfico 9: Comparativo de IDH–M do Cariri Ocidental – PB (2000 e 2010).....	45
Gráfico 10: Valores IDEB, 2017.....	46
Gráfico 11: Vulnerabilidade Natural do Cariri Ocidental.....	56
Gráfico 12: Distribuição mensal da pluviometria do Cariri Ocidental.....	57
Gráfico 13: Balanço das médias de precipitação e evapotranspiração.....	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
2.1 Materiais e Métodos.....	23
3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	25
3.1 Desertificação no Mundo.....	25
3.2 Desertificação no Brasil.....	27
3.3 Desertificação na Paraíba.....	28
3.4 Desertificação no Cariri Paraibano.....	29
3.5 Relação Paisagem-geossistema.....	30
3.6 Fragilidade Ambiental.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Densidade Populacional.....	34
4.2 A Antropização no Cariri Paraibano.....	36
4.2.1 Extrativismo Vegetal	36
4.2.2 Pecuarização.....	40
4.3 A Socioeconomia no Cariri Ocidental Paraibano.....	44
4.3.1 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.....	44
4.3.2 Educação.....	45
4.4 Análise das Características Físicas.....	46
4.4.1 Geologia.....	46
4.4.2 Declividade.....	49
4.4.3 Solo.....	51
4.4.4 Vegetação.....	54
4.4.5 Vulnerabilidade Natural do Cariri Ocidental.....	56
4.4.6 Clima.....	57
4.4.7 Índice de Aridez.....	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
6. REFERÊNCIAS.....	65

ABREVIATURAS

ASD – Áreas Susceptíveis à Desertificação

CNUMAD – Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETP – Evapotranspiração

IA – Índice de Aridez

INSA – Instituto Nacional do Semiárido

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social

ONU – Organização das Nações Unidas

PAE - Plano De Ação Estadual De Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Minas Gerais – PAE/MG

PAN – Plano de Ação Nacional

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

SAB – Semiárido Brasileiro

SIT – Sistema de Informações Territoriais

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

UNCCD - Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Seca

UNCOD – United Nations Conference on Desertification

1. INTRODUÇÃO

A natureza sempre esteve em equilíbrio até sofrer intensas atividades antrópicas oriundas da interferência do homem no intuito de explorar seus recursos naturais. Qualquer alteração nesse equilíbrio compromete o perfeito funcionamento desse ambiente e dos fatores que atuam sobre ele causando vários problemas. A degradação das terras é provocada, além dos fatores antrópicos, por variabilidades climáticas, como secas extensas e chuvas torrenciais, assim como características do próprio ambiente (tipos e características do solo, declividade acentuada, drenagem etc.), e estudos nessa área são importantes para investigar os processos de desertificação.

Foi no decorrer da década de 70 que o tema “Desertificação” começou a tomar grande proporção a nível mundial, década essa marcada por transformações tecnológicas, econômicas, sociais e sobretudo ambientais. Primeiro com a preocupação decorrente do processo erosivo causado por meio de intervenções antrópicas, depois com as consequências verificadas, causando mudanças desastrosas em escala econômica, social e ambiental.

Nos últimos anos as mudanças climáticas têm-se associado aos demais fatores de preocupação no avanço do processo de desertificação, e boa parte das áreas de clima semiárido se enquadra nas estatísticas. Em relação ao Brasil, segundo dados da Fundação Joaquim Nabuco (*apud* Gaspar, 2012), “*as áreas susceptíveis aos processos de desertificação estão localizadas no nordeste brasileiro, norte do estado de Minas Gerais e parte do Espírito Santo, onde cerca de 13% do território nacional se encontram comprometidoS*”.

Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2016), a região Nordeste enfrentou entre os anos 2000 a 2015 um período de irregularidades pluviométricas. No ano de 2000 houve seca, porém a chuvas nos anos anteriores não ocorreu grandes problemas de falta de abastecimento d’água. No ano de 2011 as chuvas foram em torno da média e a produção agrícola foi abundante. De 2012 a 2015 houve períodos de secas consecutivas, com perdas agrícolas, reservatórios secos e dificuldade para conseguir água por carros-pipas.

De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2015), as regiões semiáridas sofrerão os maiores impactos relacionados as mudanças climáticas e provavelmente ocorrerá intensidade de secas no Nordeste brasileiro. Dessa forma, ocorrerá repercussões negativas na agricultura, na economia e nas vidas dos habitantes.

Por isso, identificar e mapear as potencialidades dos recursos naturais torna-se importante para detectar as fragilidades ambientais a partir do conhecimento das funcionalidades do ambiente de forma integrada, para que tais dados possam ser utilizados na detecção de secas e em melhoramento na preparação de ações planejadas.

Cerca de 70% da área do estado da Paraíba passa por processos de desertificação. E 29% desse total é considerado gravemente afetado, um dos maiores índices susceptibilidade à desertificação do país e cujas causas estão associadas a fatores naturais e principalmente antrópicos (CANDIDO *et al.*, 2002).

No estado da Paraíba os maiores níveis de degradação encontram-se em áreas associadas a ocorrências de regimes de menor precipitação pluviométrica, o que proporciona maior fragilidade ao uso intenso das terras quer por atividades agrícolas ou por pecuárias. Os municípios inseridos no Cariri Ocidental Paraibano possuem índices pluviométricos irregulares e deficitários, problemas de ordem socioeconômicos, entre vários outros fatores agravantes que justificam a escolha dessa região e dessa temática como foco do estudo proposto.

Ross propõe em seu modelo de Fragilidade Ambiental (1994) uma relação entre os componentes físicos e bióticos, e a partir dessa relação mostra os espaços susceptíveis ou não aos efeitos prejudiciais ao meio. Esse modelo é representado por índices hierárquicos para os diferentes graus de fragilidade, mostrando a relação existente entre o uso da terra e as características físicas do ambiente.

Dessa forma, e dada a relevância do tema, é esperado que o presente estudo contribua para que futuros trabalhos utilizem essa temática e para que haja compreensão acerca dos processos ligados a desertificação. Diante dessa conjectura, é necessário primeiro conhecer as variáveis do meio físico-natural como: geologia, declividade, solos, vegetação e clima e fatores socioeconômicos. Também é importante conhecer as formas de uso e ocupação do solo que ocorrem nessa área de interesse e que refletem na funcionalidade do meio ambiente assim como os impactos produzidos, para posteriormente realizar análises das informações obtidas.

O objetivo geral dessa pesquisa foi analisar os diferentes níveis de fragilidade dos municípios que compõem a Microrregião do Cariri Ocidental, localizada na Mesorregião da Borborema no semiárido Paraibano. E os objetivos específicos foram: Identificar e mapear as

características ambientais (geologia, declividade, solos, vegetação e clima) e socioeconômicos (extrativismo vegetal, pecuária, densidade demográfica, Índice de Desenvolvimento Humano IDH-M, educação, uso do solo agrícola) da área; Correlacionar os dados obtidos e gerar mapas para interpretação e identificação das áreas de maior fragilidade ambiental. Os indicadores sócioeconômicos foram selecionados com base na melhor disponibilidade de dados para cada município e que pudesse melhor caracterizar o processo de degradação da área em estudo.

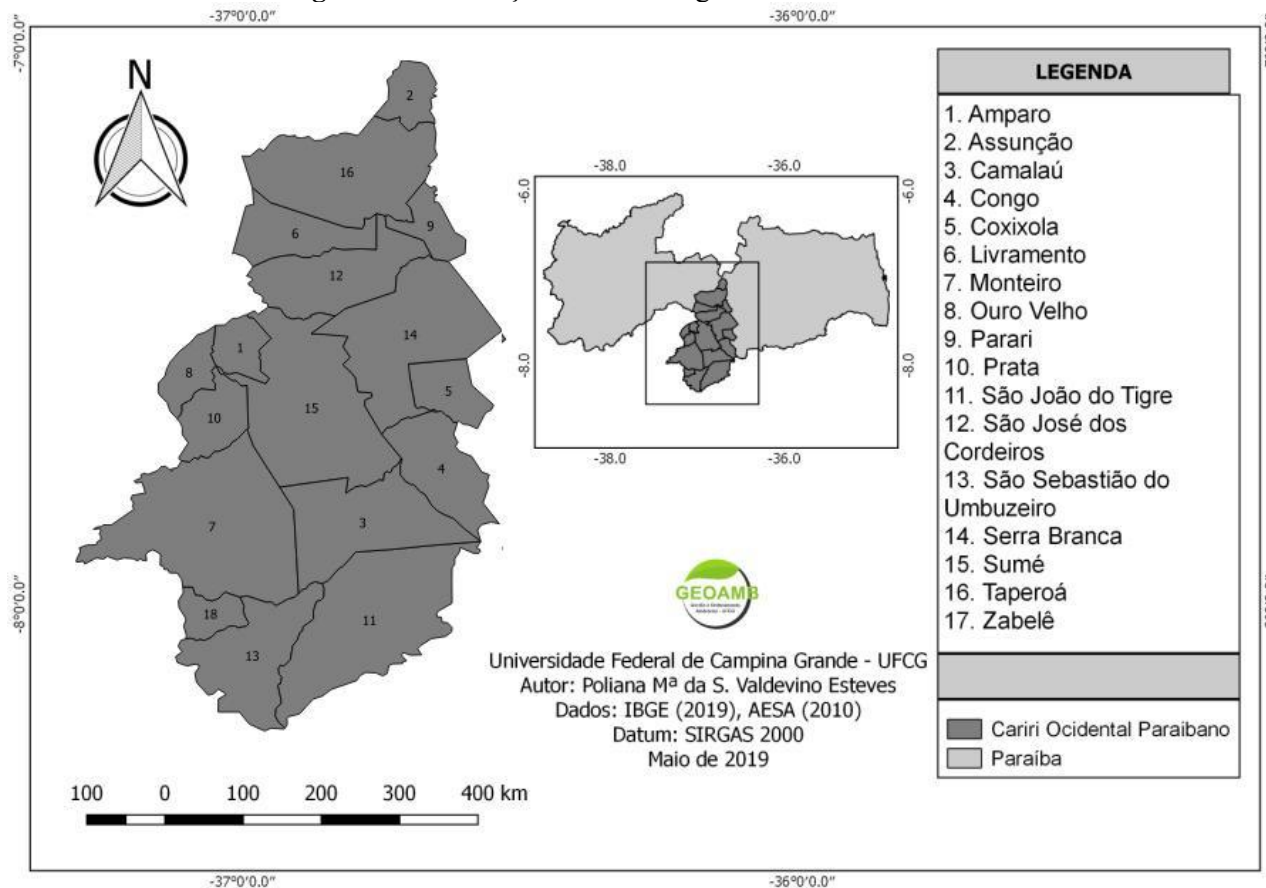
Com a finalidade de atingir os objetivos referidos, foram necessárias algumas etapas até se obter mapas sínteses indicativos das áreas mais susceptíveis a fragilidade ambiental. Os produtos foram produzidos por meio da criação de um banco de dados geográfico e de Geoprocessamento. O uso de geotecnologias e técnicas de Sensoriamento remoto permitem diagnosticar o grau de degradação das terras, sendo uma prática eficiente nos estudos de desertificação.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada é conhecida como Microrregião do Cariri Ocidental que faz parte da Mesorregião da Borborema sendo enquadrada na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Norte, Bioma Caatinga e Região Semiárida Nordestina.

A Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano está localizada na Mesorregião da Borborema na porção Centro-Sul do estado, Região Semiárida do Nordeste brasileiro e é composta por 17 municípios: Amparo, Assunção, Camalaú, Congo, Coxixola, Livramento, Monteiro, Ouro Velho, Parari, Prata, São João do Tigre, São José dos Cordeiros, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé, Taperoá e Zabelê. (Figura 1)

Figura 1: Localização da Microrregião do Cariri Ocidental – PB



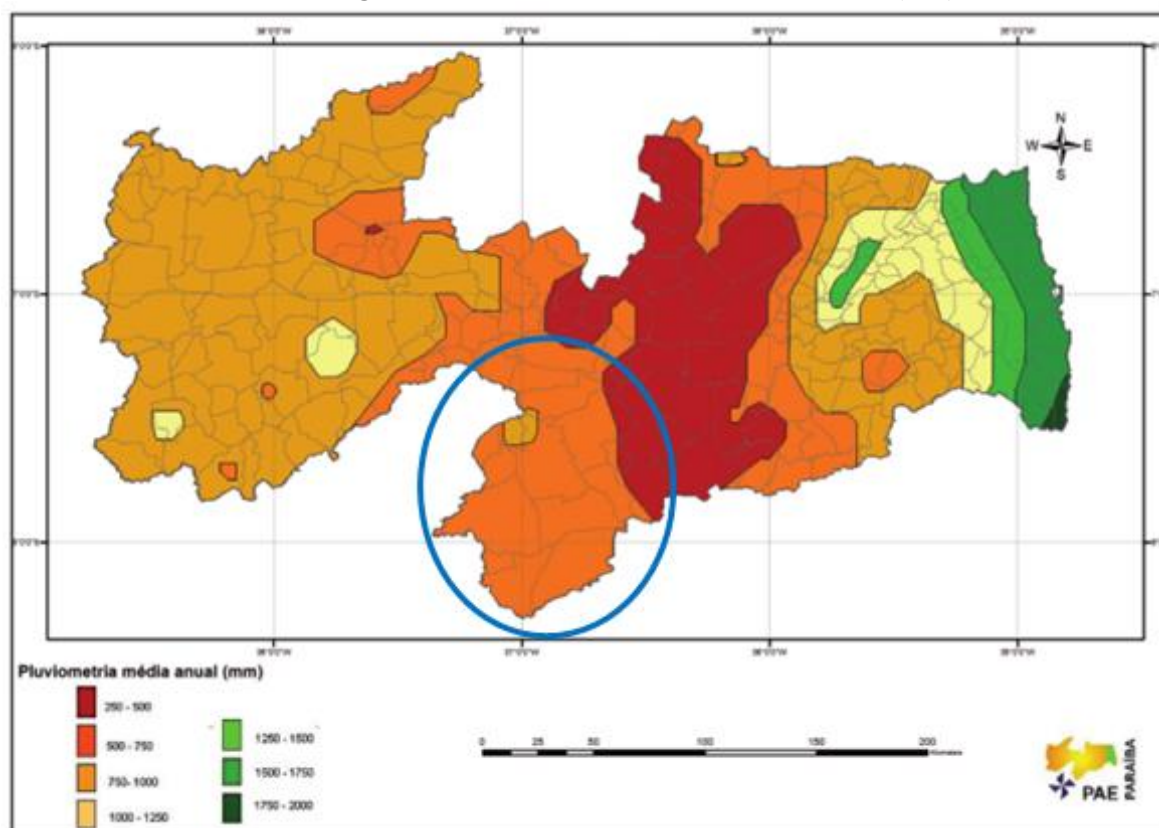
Desenvolvido pela autora

Segundo dados do censo demográfico do IBGE, (2010), o território do Cariri Ocidental Paraibano abrange uma área de 7.075,10 Km² e possui uma população de 121.539

habitantes, dos quais 45.483 vivem na área rural e 76.056 na área urbana. Entre as características comuns da paisagem podemos citar: (i) os baixos índices pluviométricos, (ii) a Caatinga hiperxerófila, (iii) as limitações edáficas, (iv) cidades pequenas com baixa densidade demográfica, (v) e uma economia baseada na agropecuária extensiva, principalmente caprino. (ALVES, 2009).

Em relação aos **índices pluviométricos**, a Paraíba possui cerca de 80% dos municípios em áreas inferiores a 800 mm por ano, possuindo uma média anual entre 300 mm até 1.800 mm (figura 2). Os maiores índices pluviométricos encontram-se no litoral e brejos de altitude, e os menores, encontram-se pelas microrregiões do Cariri, Seridó e Sertão Paraibano.

Figura 2: Pluviosidade média anual da Paraíba (mm).



Fonte: PAE-PB (2010)

A área estudada apresenta tipo climático BSh (semiárido quente), pela classificação de Köppen e é caracterizado por apresentar escassez de água que é provocada pelas precipitações irregulares, entre 300 a 600 mm, e concentradas em determinados períodos do ano.

A baixa permeabilidade do solo, derivado das rochas cristalinas, causa marcas erosivas no solo devido as chuvas torrenciais. A deficiência pluviométrica registrada no Cariri deve-se, entre outros fatores, a localização na vertente a sotavento no Planalto da Borborema, no fim do percurso dos fluxos úmidos, fazendo parte da diagonal da seca do Brasil.

A média anual da temperatura gira em torno de 19° a 29°C (Tabela 1), (ALVES, *et al.*, 2015).

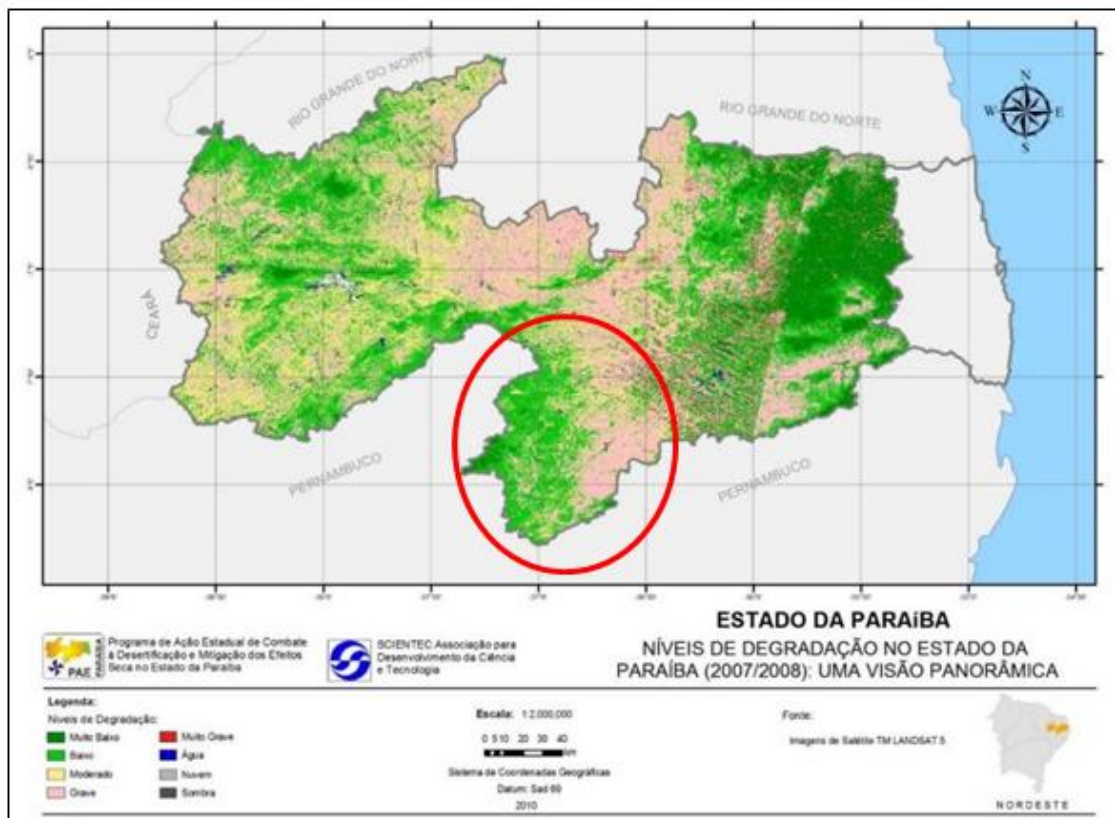
Tabela 1: Temperatura Média do Cariri Ocidental (°C)

Municípios	Temperatura Média Anual (°C)												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Amparo	24,1	23,8	23,6	22,9	22,0	20,8	20,3	20,6	22,0	23,1	23,7	23,9	22,56
Assunção	24,5	24,2	23,9	23,2	22,3	21,2	20,8	21,0	22,3	23,4	24,0	24,3	22,92
Camalaú	24,5	24,3	24,1	23,3	22,4	21,2	20,7	21,0	22,3	23,4	24,1	24,3	22,96
Congo	24,7	24,5	24,3	23,6	22,6	21,5	21,0	21,2	22,5	23,6	24,2	24,5	23,18
Coxixola	24,8	24,6	24,4	23,6	22,7	21,6	21,1	21,3	22,6	23,7	24,4	24,7	23,29
Livramento	24,4	24,1	23,8	23,1	22,2	21,1	20,7	20,9	22,3	23,4	24,0	24,2	22,85
Monteiro	24,1	23,8	23,6	22,9	21,9	20,8	20,3	20,6	22,0	23,1	23,7	23,9	22,55
Ouro Velho	24,2	23,9	23,7	23,0	22,1	21,0	20,5	20,8	22,2	23,3	23,8	24,0	22,7
Parari	24,9	24,6	24,4	23,7	22,8	21,7	21,2	21,4	22,7	23,8	24,4	24,7	23,35
Prata	24,2	24,0	23,8	23,0	22,1	21,0	20,5	20,8	22,2	23,3	23,9	24,1	22,74
São João do Tigre	23,6	23,3	23,1	22,3	21,3	20,0	19,5	19,7	21,3	22,4	23,1	23,2	21,9
São José dos Cordeiros	24,4	24,1	23,9	23,1	22,2	21,1	20,6	20,9	22,2	23,3	24,0	24,2	22,83
São S. do Umbuzeiro	23,9	23,7	23,5	22,7	21,7	20,5	20,0	20,3	21,8	22,9	23,5	23,7	21,35
Serra Branca	24,6	24,4	24,1	23,4	22,5	21,4	20,9	21,1	22,4	23,5	24,2	24,5	23,08
Sumé	24,5	24,2	24,0	23,3	22,4	21,2	20,7	21,0	22,3	23,4	24,0	24,3	22,94
Taperoá	24,5	24,2	24,0	23,3	22,4	21,3	20,9	21,1	22,4	23,5	24,1	24,4	23
Zabelê	24,0	23,7	23,6	22,8	21,8	20,6	20,1	20,4	21,9	23,0	23,6	23,8	22,44
Média	24,34	24,08	23,87	23,12	22,2	21,05	20,57	20,08	22,2	23,3	23,92	24,15	

Fonte: Francisco *et al.* (2018)

Cerca de 29% do território Paraibano está comprometido com os impactos causados por processos de desertificação, afetando a vida de cerca de 653 mil habitantes. Isso faz da Paraíba o estado brasileiro com maior nível de desertificação proporcional ao tamanho, segundo dados do *Greenpeace* no relatório “*Mudanças de clima, mudanças de vida*”. Podemos observar, com base na (figura 3), a existência de maior e menor presença de vegetação, apontando variados níveis de risco de desertificação (SOUZA *et al.*, 2014).

Figura 3: Mapa dos níveis de degradação na Paraíba com base na vegetação (PAE-PB)



Fonte: PAE-PB (2011)

Na região do Cariri Ocidental predomina o intemperismo físico ou mecânico e fracas amplitudes térmicas anuais, as chuvas são escassas e concentradas provocando déficit hídrico. Possui uma economia dinâmica, tanto na pecuária como na agricultura. A criação de rebanhos bovinos e caprinos é considerada a maior do estado e estes rebanhos correspondem a pequenos proprietários (DUQUÉ, 1985, apud DUARTE 2008).

A estrutura geológica da Mesorregião da Borborema, onde estão inseridos os municípios em estudo, corresponde ao complexo granito-gnáissico. Esse embasamento é de idade Pré-Cambriana e cristalino. Esta área tem como característica a impermeabilidade, facilitando o escoamento superficial (PIRES, 2009 apud PATRICIO, 2017). Os solos são rasos, com relevos e declividade mais acentuadas, e com muitos afloramentos rochosos, apresentando alta vulnerabilidade aos processos erosivos.

Segundo Travassos e Souza (2014), a Caatinga sempre foi utilizada indiscriminadamente como fonte de energia na exploração da madeira e sem quaisquer cuidados com o desequilíbrio ambiental. Em escala nacional, a queima da vegetação (carvão vegetal e lenha), é uma das fontes de energia mais utilizadas.

Na Paraíba os dados sobre o uso da madeira são parecidos aos outros estados do Nordeste. Tanto as residências quanto o setor industrial fazem uso dessa fonte de energia em suas atividades. A consequência da extração da vegetação da Caatinga, realizada pelo desmatamento desmedido e sem o manejo adequado – seja para novas lavouras ou para obtenção de lenhas – repercute na degradação do solo, acelerando os processos erosivos. (CARVALHO, 2012)

A degradação dos solos no Cariri Ocidental ligada a fatores como desmatamento exploratório provocado por séculos e frequentes queimadas, fazem com que grande parte de sua área se encontre em crescente empobrecimento do biossistema e consequentemente da população. Ab’Saber (1977) em seus estudos na região semiárida do nordeste já apontava para o problema do consumo desenfreado dos recursos naturais, fazendo a seguinte afirmação:

“[...] três séculos de atividades agrárias rústicas, centradas no pastoreio extensivo, e, algumas décadas de ações deliberadas de intervenção antrópica, com acentuado crescimento demográfico paralelo, terminaram por acrescentar feições de degradação pontuais, de fácil reconhecimento nas paisagens sertanejas, sob a forma de ulcerações dos tecidos ecológicos regionais.

Tais processos seculares continuam cada vez mais perceptíveis e mostram as consequências desencadeadas pelas relações existentes entre a perda da fertilidade do solo e da diversidade biológica e que comprometem a qualidade de vida de milhares de pessoas. No Cariri Ocidental, a lenha produzida abastece pequenos empreendimentos locais, mas a região tem surgido como uma fornecedora para empresas de fora da Paraíba (MMA, 2012).

A pecuária caprina é a atividade econômica predominante no Cariri desde a colonização, devido a fácil adaptação ao ambiente hostil, resistência à seca, boa relação com a alimentação disponível (tem capacidade de se alimentar de até 70% da vegetação nativa) e por questões econômicas, pois são vendidos mais facilmente que os bovinos.

A pecuária extensiva, como no caso do Cariri Ocidental, configura uma prática preocupante devido a agressividade da cultura para o meio ambiente, pois degrada o solo e remove a cobertura vegetal. Além disso, existe um outro fator preocupante no que diz respeito a alimentação da pecuária caprina por vegetação nativa. A forma mandibular dos caprinos facilita a retirada da vegetação pela raiz, impedindo que a mesma se reproduza. Essa

característica alimentar dos caprinos causa o empobrecimento da vegetação e consequentemente a desertificação. SOUZA (2008).

Uma questão muito polêmica ligada ao governo federal foi a introdução de uma espécie oriunda de regiões desérticas do Peru no Cariri Paraibano. A Algaroba (*Prosopis juliflora*), teria o objetivo de tornar a pecuária do semiárido menos dependente de pastagens nativas. A promessa era de uma planta resistente à seca, perene e possuindo folhas e frutos apreciada pelos animais. O que a princípio parecia a solução para o reflorestamento da região, tornou-se uma fonte de preocupação. Muitas áreas nativas foram devastadas deixando o solo ainda mais exposto e impedindo o plantio da nova espécie.

Com o fim da política de incentivos na década de 90 a difusão começou a se dar de forma natural expandindo-se largamente pelas sementes dispersas nas fezes dos animais, principalmente em áreas degradadas. A alta competitividade da Algaroba com as espécies nativas faz com que o ecossistema da Caatinga torne-se mais frágil. Por possuir raízes superficiais e horizontais, as áreas de várzea tornam-se locais onde a espécie se prolifera absorvendo até as águas de cacimbas e poços (PEGADO, 2004 apud SOUZA, 2008).

A agricultura no Cariri Ocidental é rudimentar de base familiar. Pode-se observar tímidos esforços para a modernização da atividade agropecuária de pequenos grupos produtivos. A maioria dos produtores rurais dessa região são familiares e produzem para a própria subsistência, principalmente feijão e milho.

2.1 Materiais e Métodos

Com a finalidade de atingir os objetivos referidos, foram necessárias algumas etapas até se obter mapas sínteses indicativos das áreas mais susceptíveis a fragilidade ambiental.

A produção decorreu por meio da criação de um Banco de Dados Geográficos e de Geoprocessamento. O uso de Geotecnologias e Técnicas de Sensoriamento Remoto permite diagnosticar o grau de degradação das terras, sendo uma prática eficiente nos estudos da desertificação.

Para tornar o resultado da pesquisa concreto, analisou-se a distribuição da fragilidade entre os municípios do Cariri Ocidental e quais as características que mais

favorecem o processo de desertificação. A área de estudo se trata de local com intensa modificação antrópica, sendo este um dos motivos para a avaliação da vulnerabilidade da área.

Foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) e Ministério do Desenvolvimento Social (MDS).

Nesse estudo foram aplicados os métodos propostos por Ross (1994) com base nos conhecimentos referentes ao relevo, geologia, solos, vegetação uso da terra e clima e o mapeamento da vulnerabilidade natural por Crepani *et al.*, (2001), embasados na teoria da Ecodinâmica de Tricart (1977).

O índice de aridez (IA) também foi utilizado para determinar as áreas secas e em processo de desertificação. Utilizou-se o método estabelecido por *Thornthwaite* (1948) e adotado pelas Nações Unidas para a aplicação do Plano de Ação de Combate a Desertificação (PACD) para identificar os diferentes níveis de aridez (Equação 1).

$$IA = \frac{\text{Precipitação}}{\text{Evapotranspiração}}$$

Em relação à Precipitação e à Evapotranspiração Potencial, foram utilizadas as médias anuais, e quanto menor o valor da relação encontrado, maior será a aridez. Com os valores de IA encontrados, foram determinados os níveis de risco para desertificação para cada município do Cariri Ocidental.

De acordo com os valores calculados do Ia, determinou-se os riscos à desertificação para cada município do Cariri Ocidental Paraibano, como também a classificação climática estabelecidas pelo CONAMA (1997). Com os índices de aridez classifica-se os riscos de desertificação para a microrregião em estudo (Tabela 2).

Tabela 2: Padrões de classes de desertificação de acordo com o IA

Índice de Aridez	Nível de Risco para desertificação
0,05 – 0,20	Muito Alto
0,21 – 0,50	Alto
0,51 – 0,65	Moderado

Fonte: Resolução CONAMA (1997)

Com relação aos indicadores socioeconômicos, como o Extrativismo Vegetal, Pecuária, Densidade Demográfica, Índice de Desenvolvimento Humano IDH-M, foram feitas tabelas tendo como base dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística e de órgãos como o MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário e MDS – Ministério do Desenvolvimento Social.

A análise da cobertura vegetal foi realizada tomando como base imagens do satélite Landsat 8, a partir da aplicação do índice de realce da vegetação conhecido como NDVI conforme demonstra a equação 2.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

Após confeccionados os mapas, fez-se uso do Qgis 2.18, ArqGis e Autocad em dados em forma de *shapefile* (solos, geologia, relevo e pluviosidade). Depois de convertidos foram atribuídos pesos referentes a graus de fragilidade através da proposta de Crepani *et al.*, (2001).

Os dados climatológicos são extremamente importantes para a análise da fragilidade ambiental. A ação das chuvas pode contribuir diretamente para acelerar os processos erosivos, principalmente em ambientes onde o regime pluviométrico apresenta precipitações irregulares e concentradas em determinados meses do ano em regime de torrencialidade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

3.1 Desertificação no Mundo

Para Macedo (2007), os primeiros estudos sobre a desertificação remontam a 1930 dando início a uma série de estudos e pesquisas acadêmicas voltadas ao conhecimento dos processos de desertificação. Foi quando nos Estados Unidos perdurou uma seca de 6 anos. O “Dust Bowl” (nuvens de poeira), como ficou conhecido, assolou o meio-oeste americano onde as terras já eram bastante degradadas.

Coube a André Aubreville, pesquisador francês, o uso pela primeira vez em 1949 do termo “Desertificação”. Ele caracterizou áreas degradadas na África Tropical após verificar o uso inapropriado de árvores para queimadas. Dessa observação o pesquisador publicou uma obra intitulada *Climats, Forêts et Desertification de l’Afrique Tropicale*, onde sinalizou os efeitos que caracterizam o fenômeno da desertificação (TAVARES, 2019).

O processo de desertificação ocorre globalmente comprometendo e degradando regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, expandindo as regiões de aridez e comprometendo o equilíbrio ambiental do planeta. (PAN-Brasil, 2005). As intensas intervenções humanas, pela busca de uma melhor qualidade de vida, aceleram as transformações ocorridas no meio ambiente e com elas acarretam uma série de consequências.

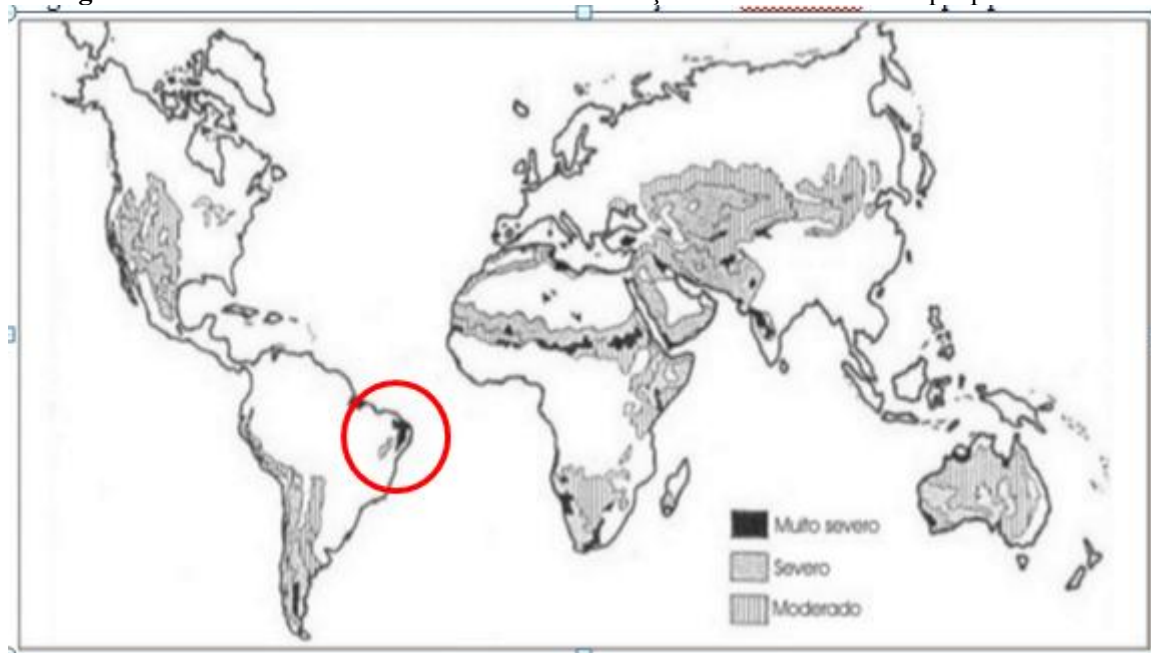
Estão entre as principais causas a retirada da cobertura vegetal, que retira do solo a proteção natural, e a variabilidade climática, que expõe o solo às intempéries da natureza causando degradação (RICHÉ *et al.*, 1994). Quando o solo se torna infértil o desenvolvimento da agricultura é prejudicado causando diminuição da alimentação, fome, pobreza e impactos na economia e conseqüentemente em toda a sociedade.

A preocupação da sociedade mundial com o avanço da desertificação iniciou-se quando uma grande seca afetou intensamente a Região Semiárida do Sahel, na África, entre 1968 e 1973 que ocasionou a morte de milhares de pessoas e animais. A faixa de deserto do Saara vem se expandindo pelo Sahel, reduzindo a biodiversidade e causando impactos sócio ambientais em áreas que anteriormente eram produtivas.

Com a expansão do deserto promove-se surtos de fome, redução de produção agrícola e disputas e conflitos por terras e solos motivados pela posse do solo agrícola. Outros efeitos da expansão das áreas desertas são: as fugas em massa e formação de campos de refugiados. (PATRÍCIO, 2017)

De acordo com o Secretariado da Convenção das Nações Unidas de Luta contra a Desertificação até o ano de 2030 quase metade da população mundial viverá em áreas com grande escassez hídrica. Serão mais de 135 milhões de pessoas que estarão em risco de deslocamento por causa dos efeitos da desertificação no mundo (ONU, 2013). A Carta das Nações Unidas (figura 4), mostra as áreas propensas à desertificação em classificações que se dividem em: moderado, severo e o muito severo.

Figura 4: Carta das Áreas em Risco de Desertificação da ONU com destaque para o Brasil



Fonte: Adaptado de Mainguet (1995) *apud* PAE-PB(2011)

3.2 Desertificação no Brasil

Para o Ministério do Meio Ambiente, a Desertificação: “ [...] *é a degradação ambiental e sócioambiental, particularmente nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores e vetores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.*” Este processo é ocasionado por vários fatores, e no caso do Nordeste Brasileiro os principais são: queimadas; desmatamento (causando perda na diversidade vegetal, animal e deixando o solo exposto); sobrepastoreio (ocasionando a fragilidade do solo e deixando-o com poucas chances de recuperação) e fatores naturais, provenientes de questões relacionadas ao clima.

João Vasconcelos Sobrinho, nos anos 1970, foi pioneiro nos estudos sobre Desertificação no Brasil, selecionando áreas onde existiam processos de desertificação os quais ele chamou “Áreas Piloto”. Desses estudos surgiram as primeiras ideias sobre Núcleos de Desertificação. Desde então os estudos sobre o tema vêm crescendo e ganhando novas leituras e abordagens metodológicas (PAN-BRASIL, 2004).

O governo brasileiro elaborou o Programa de Ação no Combate à Desertificação e assumiu o compromisso de buscar a erradicação da pobreza e da desigualdade social

buscando criar condições de prosperidade. Para tal, construiu entre os anos de 2003 e 2004 o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil (PAN-BRASIL, 2004).

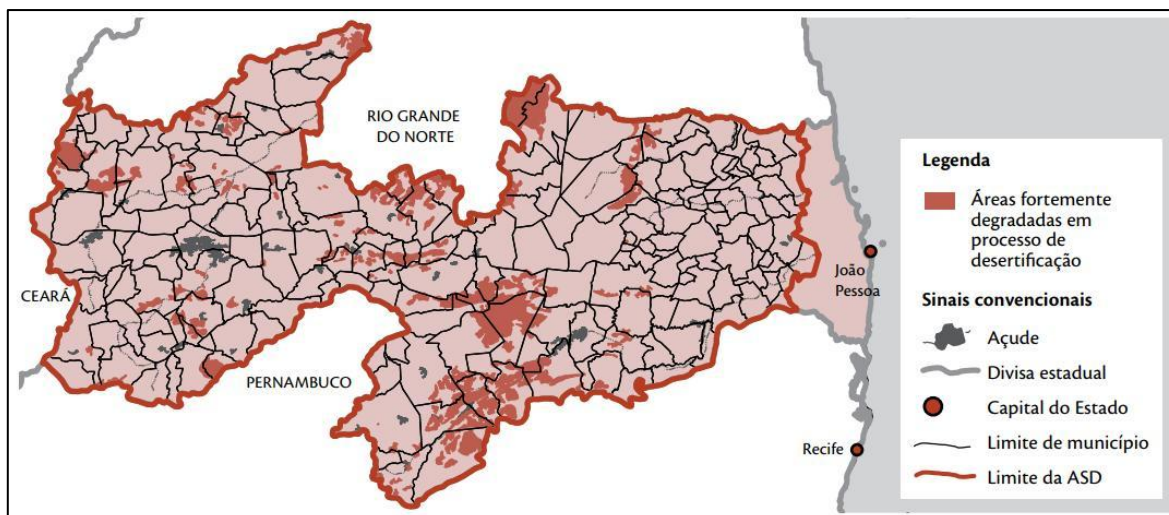
No Brasil, as áreas susceptíveis a desertificação (ASD) compreendem 1.488 municípios que abrangem nove estados da Região Nordeste Brasileiro, além de alguns municípios do Estado de Minas Gerais e Espírito Santo (PEREZ-MARIN *et al.*, 2012).

Nas décadas mais recentes, vários estudos sobre desertificação tem gerado bastante notabilidade no âmbito nacional, principalmente por órgãos como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) que acentuaram a linha de pesquisa e impulsionaram o desenvolvimento de projetos com o intuito de amenizar os danos existentes.

3.3 Desertificação na Paraíba

O estado da Paraíba, com clima predominante seco, possui fatores diversos de degradação do solo e cerca de 90% de seu território encontra-se afetado devido a processos erosivos em estado avançado (PAN-BRASIL, 2004) encontrando-se bastante comprometido em relação aos processos de desertificação. Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, são perceptíveis manchas de degradação espalhadas por toda área do estado (figura 5).

Figura 5: Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação na Paraíba



Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015

De acordo com Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE (2015), as Áreas Susceptíveis à Desertificação no estado da Paraíba correspondem ao percentual de 94,60% da área total do estado, e a proporção de áreas fortemente degradadas em relação as áreas susceptíveis à desertificação chegam a 8,13% desse total.

3.4 Desertificação no Cariri Paraibano

O Cariri Paraibano é caracterizado por apresentar escassez de água que é provocada pelas precipitações irregulares, entre 300 mm a 600 mm, e concentradas em determinados períodos do ano. A deficiência pluviométrica registrada deve-se, entre outros fatores, a localização na vertente a sotavento no Planalto da Borborema, no fim do percurso dos fluxos úmidos, fazendo parte da diagonal da seca do Brasil. A média anual da temperatura gira em torno de 19° a 29°C (ALVES, *et al.*, 2015).

Segundo os mais recentes dados censitários (2010), vivem no Cariri Ocidental paraibano 121 mil habitantes, e a pressão populacional sobre a área afeta diretamente o meio ambiente. Cerca de 77% das áreas localizadas no Cariri Ocidental apresentam algum nível de desertificação, e 50% dessa área já se encontra em níveis considerados críticos. O desmatamento desordenado, a retirada de lenha, uso inadequado das terras e a pecuarização vem contribuindo para aumentar desenfreadamente os problemas ambientais do Cariri Ocidental (SOUZA, 2008).

3.5 Relação paisagem-geossistema

A paisagem sempre foi um elemento de importante complexidade discutida na observação e no estudo da ciência geográfica. O caráter conceitual da paisagem fornece identidade e promove entendimento sobre as relações entre natureza e sociedade. Seja na noção dualista desenvolvida por influência alemã de Humboldt, ligada ao determinismo geográfico em uma perspectiva de paisagem natural existente, ou na visão francesa possibilista de La Blache e suas teorias em que havia interação entre o meio físico e o homem (TRAVASSOS, 2002). A escola possibilista de La Blache considera o homem como agente transformador do meio em que vive e a natureza passa a ter um caráter integrador, moldável às necessidades humanas.

Nos dias atuais, o estudo da paisagem mostra uma perspectiva de maior multiplicidade e aponta questões de caráter amplo e discursivo, principalmente no que diz respeito à relação existente entre o homem e a natureza. Para explicar tal afirmação ROMERO e JIMÉNEZ destacam:

A paisagem é também aquela que alerta para os tipos e intensidades de uso da terra, das consequências das atividades humanas sobre o sistema natural e da magnitude dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que desperta a necessidade de proteção contra certos eventos naturais ou artificiais que são perigosos para a sobrevivência da paisagem e que ameaçam a integridade da sociedade que ocupa seu âmbito territorial [...]. (ROMERO; JIMÉNEZ: 2002, p. 16) (Tradução da autora).

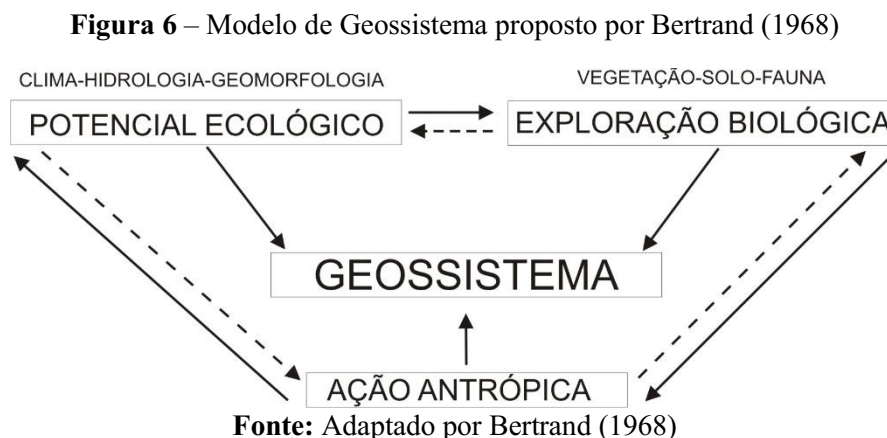
Uma outra forma de abordagem no uso da paisagem é a geossistêmica, onde a linha de pensamento baseava-se em uma relação de caráter ecológico fundamentado na relação entre os agentes inseridos no ambiente (vegetação, uso do solo, e a relação com o meio). Tal abordagem teve grande influência nos estudos da escola soviética dos anos 60/70, principalmente pelos geógrafos Dokuchaev³ e Sotchava (SILVEIRA, 2009).

Para Romero e Jimenez, (2002) o geossistema mostra-se como uma: “[...] entidade complexa e integrada por componentes que fazem as vezes de subsistemas independentes, por sua vez complexos e dinâmicos, integrados por subcomponentes do geossistema”. Esses componentes integrados são: o potencial ecológico, a ocupação biológica e a ação antrópica.

³ (1848 – 1903) Considerado por muitos autores o pai da Escola Geográfica Russa.

O geossistema é uma paisagem integrada onde se relacionam uma complexa relação entre vários agentes (solos, clima, relevo, fauna, flora, sociedade), alterando-se ao longo do tempo por motivos políticos, econômicos e culturais e que pode passar de um conceito teórico a uma dinâmica concreta situada em um ponto definido na superfície da terra (BÓLOS, 1981). O autor classifica a paisagem geossistêmica de acordo com sua estrutura e dinâmica em: a) paisagens naturais, b) paisagens equilibradas, c) paisagens abióticas, d) paisagens bióticas; e) paisagens antrópicas.

Bertrand (1968), também propôs uma abordagem geossistêmica em que haveria uma dinâmica ecológica equilibrada entre: potencial ecológico, ocupação biológica e ação antrópica. Segundo o autor, o estudo integrado da paisagem geossistêmica proposto faz correlações com todos os componentes facilitando o entendimento. (Figura 6)



Para Tricart (1977), o homem exerce uma ação constante sobre a natureza, e é necessário estudar a forma como ambos se interligam para que se possam corrigir certos aspectos negativos na exploração excessiva dos recursos naturais existentes.

Geralmente as intervenções humanas afetam primeiramente a cobertura vegetal refletindo no solo, fauna, flora e conseqüentemente na fertilidade da terra. O autor faz essa afirmação em seu conceito de unidades ecodinâmicas integradas, em que destaca as mútuas relações entre os diversos componentes.

Nesse ponto de vista, Tricart (1977) apresentou as unidades ecodinâmicas e caracteriza o ambiente em três categorias para melhor compreensão “meios estáveis”, “intermediários (*intergrades*)” e “fortemente instáveis”.

- I. **Estáveis:** relaciona-se ao processo de pedogênese, onde os processos mecânicos atuam lentamente, as vezes imperceptíveis. Os meios estáveis geralmente encontram-se em regiões com cobertura vegetal fechada, sem incisão violenta de cursos d'água e ausência de manifestações vulcânicas.
- II. **Intergrades:** representam o meio de transição entre os meios estáveis e os instáveis e o balanço pedogênese-morfogênese encontra-se em equilíbrio. Caracteriza-se pela “interferência permanente entre morfogênese e pedogênese”.
- III. **Fortemente Instáveis:** a morfogênese é o elemento predominante na dinâmica natural “nestes meios, a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados”.

As ideias geossistêmicas deram evidência à Geografia Física, visto que até a década de 70 os estudos ligados às áreas físicas eram feitos separadamente e de forma setorizada, diminuindo as possibilidades de unificação.

O advento dos geossistema foi importante para compreender as complexidades que envolvem as relações de integração e evolução dos componentes naturais, culturais e socioeconômicos (NASCIMENTO *et al.*, 2001).

3.6 Fragilidade ambiental

Os ambientes naturais, a princípio, mantem-se em equilíbrio e a intervenção do homem, como principal agente ativo, se apropriando de forma indiscriminada dos recursos naturais com suas práticas econômicas predatórias, tem provocado consequências e profundas alterações na natureza comprometendo a capacidade regeneradora desses ambientes (SPÖRL, 2001).

Segundo Ross (1990) *apud* Spörl (2001), “[...] todas as modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas

que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelos homens". O autor apontou que as ações antrópicas causam agressões irreversíveis ao meio e colocam em risco o dinamismo regenerador que os ambientes naturais possuem para manter-se equilibrados.

De acordo com Tamanini (2008), o conceito de fragilidade ambiental diz respeito à vulnerabilidade que o ambiente possui em sofrer qualquer tipo de dano. Associa-se a fatores de instabilidade que podem ser de ordem natural ou antrópicas, assim como em situações de elevadas declividades e alta suscetibilidade erosiva dos solos.

As fragilidades dos ambientes naturais nos mostram a necessidade de nos preocuparmos com a conservação e recuperação ambiental. Diante disso, o mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as capacidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições (SCHIAVO *et al.*, 2016).

Os estudos sobre Fragilidade Ambiental ultrapassam apenas as características físicas encontradas no meio e integra elementos que compõem todo o espaço buscando compreender as interações existentes para a realização de planejamentos territoriais ambientais conscientes.

No Semiárido Brasileiro, onde está inserida a área estudada, os processos erosivos são as principais causas de degradação do solo, e mesmo com um grau erosivo já em adiantado estágio é quase imperceptível constatar apenas observando a paisagem. O principal indicador de sinais de degradação é, sem dúvidas, a baixa cobertura vegetal. Tal situação faz com que o solo mantenha-se exposto às intempéries naturais e também à ações antrópicas acentuando o avanço do processo erosivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para compreender o potencial à vulnerabilidade natural ou erosiva, é importante mapear as áreas e caracterizá-las de acordo com as características físicas e socioeconômicas do espaço em estudo.

Para ALVES (2009), a desertificação é um fato que deve ser entendido com fenômeno integrador de processos econômicos, sociais e naturais e /ou induzidos que destroem o equilíbrio dos solos, da vegetação, do clima e da água, bem como a qualidade de vida nas áreas sujeitas a uma aridez. A microrregião do Cariri Ocidental possui características que fazem com que a mesma se enquadre em um dos núcleos de desertificação do Nordeste brasileiro.

4.1 Densidade Populacional

Em relação à Densidade Demográfica do Cariri Ocidental os dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010 e do Ministério do Desenvolvimento Agrário mostram que o território do Cariri Ocidental possui uma população total de **121.539** habitantes. (tabela 3).

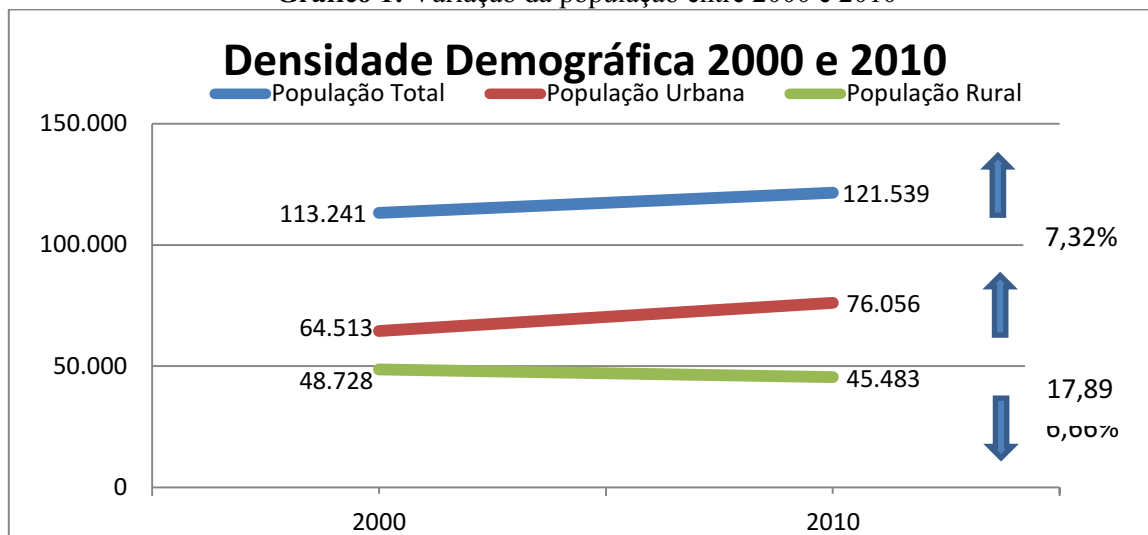
Tabela 3: População rural e urbana residente no Cariri Ocidental Paraibano – Censos 2000 e 2010

Município	Área (em Km ²)	2000			2010		
		População Total (hab.)	População Urbana (hab.)	População Rural (hab.)	População Total (hab.)	População Urbana (hab.)	População Rural (hab.)
Parari	128.48	1.438	339	1.099	1.256	699	557
Zabelê	109.39	1.838	1.171	667	2.075	1.472	603
Ouro Velho	129.40	2.821	1.903	918	2.928	2.047	881
Coxixola	169.88	1.419	589	830	1.771	782	989
Amparo	121.98	1.887	619	1.268	2.088	1.062	1.026
São Sebastião do Umbuzeiro	460.57	2.890	1.809	1.081	3.235	2.097	1.138
Prata	192.01	3.425	2.217	1.208	3.854	2.444	1.410
Congo	333.47	4.584	2.161	2.423	4.687	2.942	1.745
São José dos Cordeiros	417.75	4.136	1.309	2.827	3.985	1.643	2.342
Assunção	126.43	2.962	2.143	819	3.522	2.846	2.862
Camalaú	543.69	5.514	2.357	3.157	5.749	2.887	2.862
São João do Tigre	816.12	4.452	1.233	3.219	4.396	1.529	2.867
Livramento	260.22	7.609	3.261	4.348	7.164	3.752	3.412
Sumé	838.07	15.020	10.858	4.162	16.060	12.236	3.824
Serra Branca	686.92	12.270	7.947	4.323	12.973	8.418	4.555
Taperoá	662.91	13.291	7.924	5.367	14.936	8.939	5.997
Monteiro	986.36	27.685	16.673	11.012	30.852	20.261	10.591
Total	7.045,18	113.241	64.513	48.728	121.539	76.056	45.483

Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2000 e 2010)

Observando a tabela, nota-se o aumento da população total que passou de 113.241 em 2000 para 121.539 em 2010, uma variação de 7,32%. Com relação à população rural, houve uma redução de 6,66% e a população urbana um acréscimo de 17,89% (Gráfico 1).

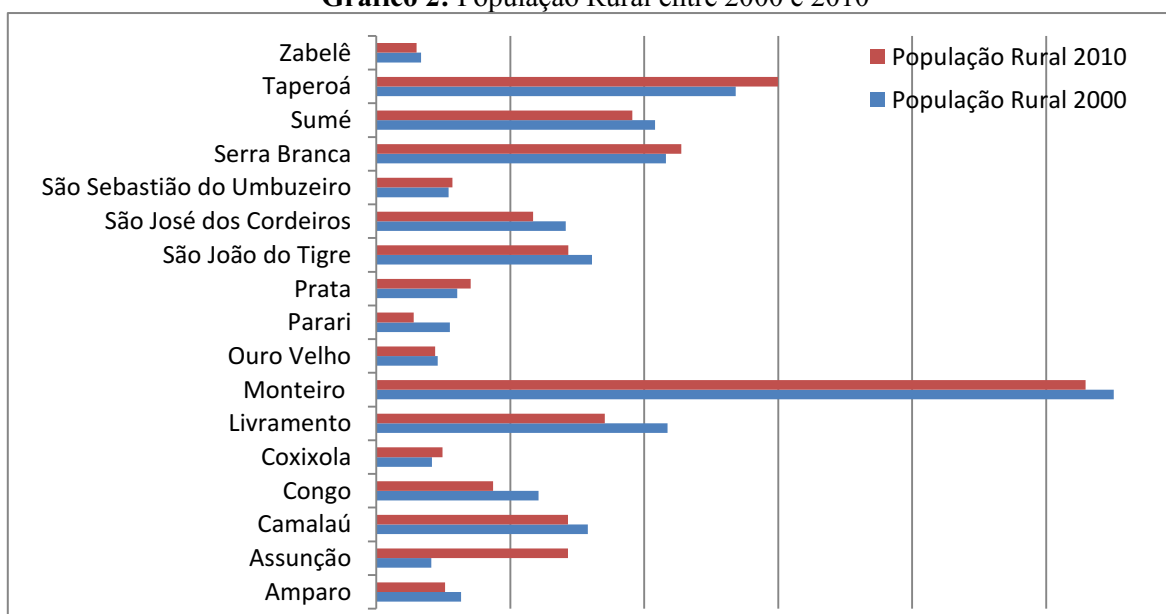
Gráfico 1: Variação da população entre 2000 e 2010



Fonte: IBGE (2018)

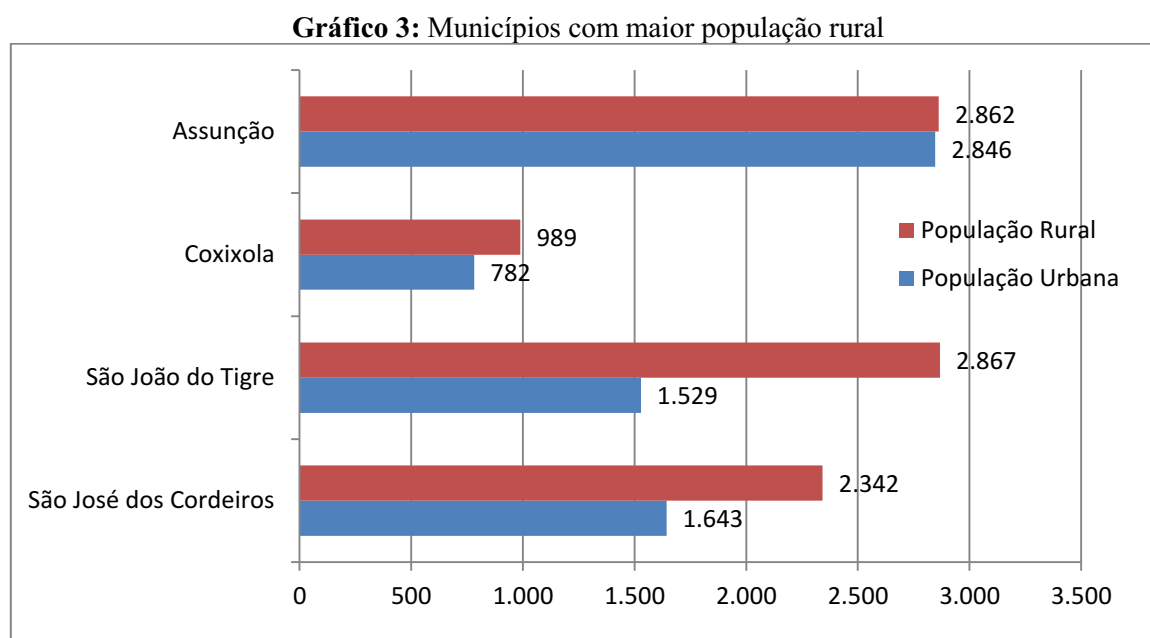
Os deslocamentos das populações das áreas rurais para áreas urbanas devem-se à diminuição da relação homem/natureza que são agravados pelos processos de degradação das terras, acentuando o processo de urbanização. A maioria dos municípios teve redução no número da população rural entre 2000 e 2010 (Gráfico 2)

Gráfico 2: População Rural entre 2000 e 2010



Fonte: Base de dados IBGE (2018)

Apenas os municípios de Assunção, Coxixola, São José dos Cordeiros e São João do Tigre tiveram acréscimo no número de habitantes das áreas rurais ultrapassando a população urbana em 2010 (Gráfico 3).



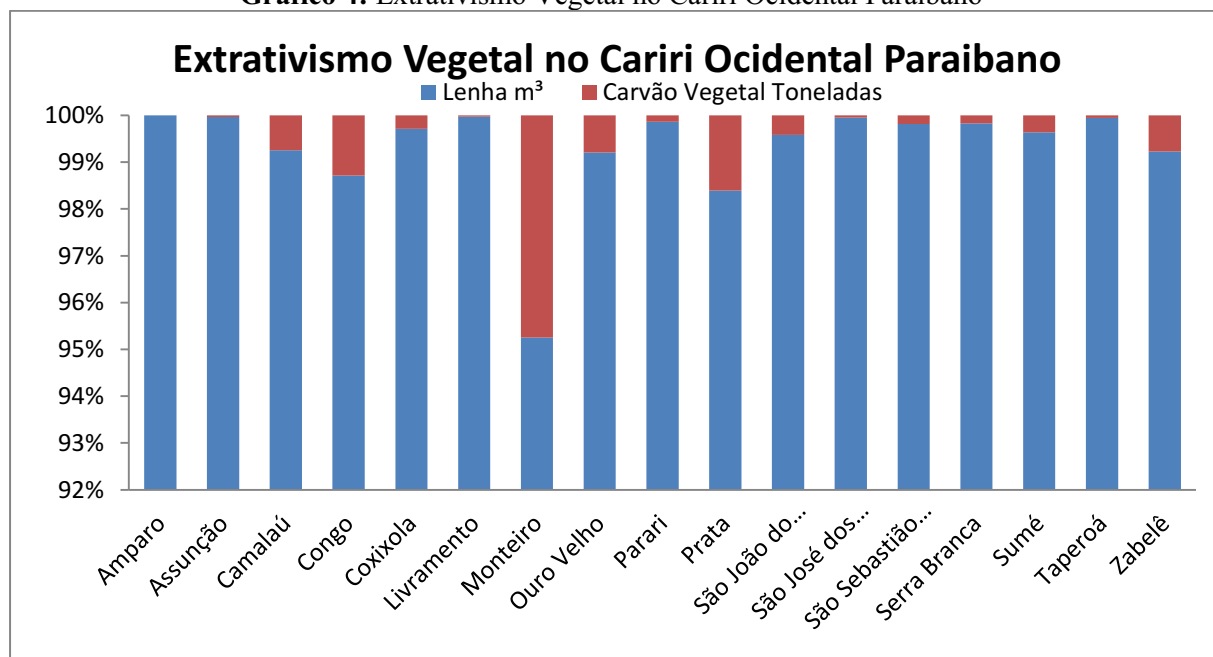
Fonte: Banco de dados do IBGE (2018)

4.2 A Antropização no Cariri Paraibano

4.2.1 Extrativismo Vegetal

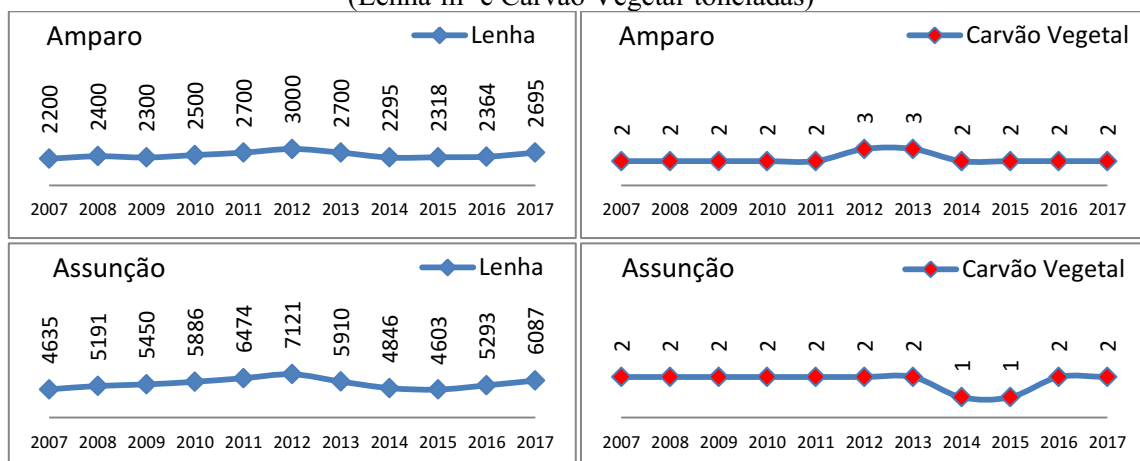
A lenha e carvão são os principais produtos oriundos da Caatinga e o desmatamento origina em torno de 80% desses produtos, sendo o estado da Paraíba altamente dependente dessa fonte energética, seja da lenha ou do carvão vegetal. A lenha e o carvão são destinados, principalmente, para consumo próprio da população, olarias e panificação.

O (Gráfico 4) mostra o extrativismo vegetal no Cariri Ocidental Paraibano com a utilização de madeira para obtenção de lenha e carvão vegetal. O reflexo da produção de lenha resulta em acelerado processo de degradação, pois logo após o desmatamento para retirada da madeira, parte das áreas desnudadas acaba por serem transformada em pasto ou lavoura, ou simplesmente abandonada.

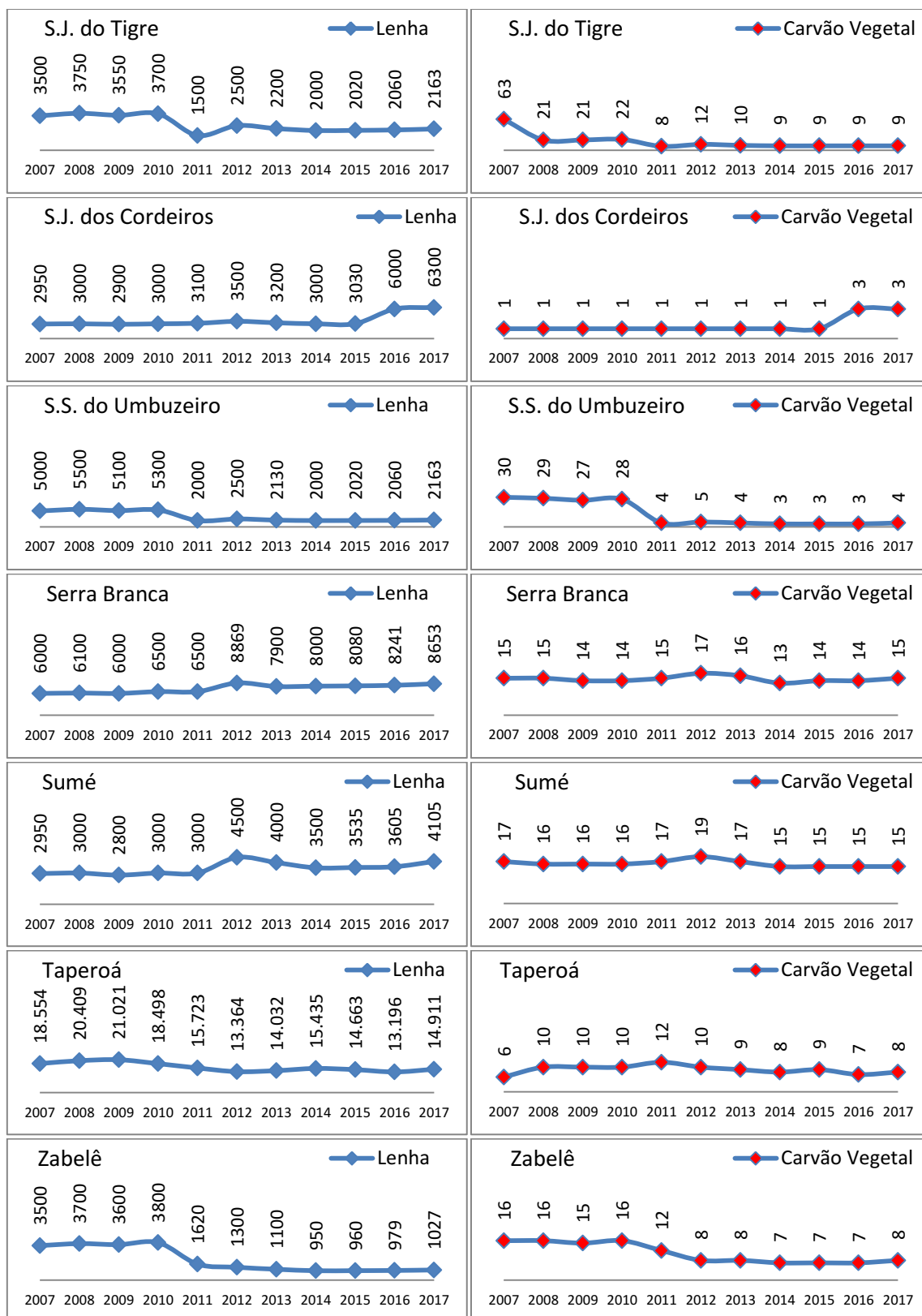
Gráfico 4: Extrativismo Vegetal no Cariri Ocidental Paraibano

Fonte: IBGE, (2017)

Observando a série histórica de todos os dezassete municípios que compõem o Cariri Ocidental, podemos verificar que os municípios com menor população rural – Parari, 557 hab Km²; Zabelê, 603 hab Km² e Ouro Velho, 881 hab Km² – diminuíram a quantidade de lenha e carvão vegetal produzidos entre os anos de 2012 a 2016, anos de estiagem. Em contrapartida, os municípios com maior população rural – Monteiro, 10.591 hab Km²; Taperoá, 5.997 hab Km²; Serra Branca, 4.555 hab Km² – após um decréscimo, voltaram a aumentar a quantidade de lenha extraída durante os mesmos anos. (Gráfico 4)

Gráfico 4: Série Histórica de Extrativismo Vegetal no Cariri Ocidental Paraibano (Lenha-m³ e Carvão Vegetal-toneladas)





Fonte: IBGE (2018)

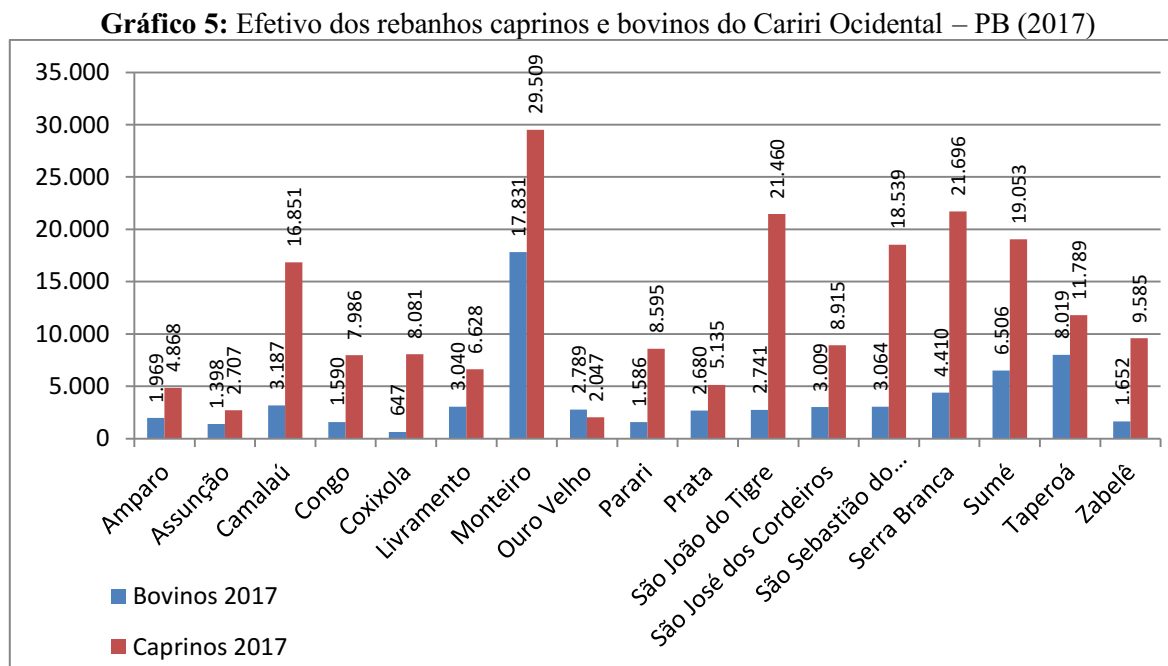
Segundo dados do IBGE, os municípios de Congo, Monteiro e Camalaú ocupam atualmente o 2º, 3º e 4º lugar, respectivamente, no ranking de extração de carvão vegetal do

estado da Paraíba. Em relação à extração de lenha na Paraíba, os municípios do Cariri Ocidental que mais extraem são: Taperoá (3º lugar), Serra Branca (15º lugar) e São José dos Cordeiros (21º lugar).

4.2.2 Pecuarização

As atividades pastoris vêm enfrentando evidentes reduções em seu quantitativo decorrente, principalmente, das secas mais recentes. Porém, mesmo com as adversidades encontradas, essa atividade permanece sendo exercida com uma certa estabilidade. Tal atividade é apontada como intensificadora de desertificação devido ao pisoteio que compacta o solo e impede a infiltração da água para as raízes.

De acordo com os dados mais recentes do IBGE contidos no Gráfico 5, observa-se que o uso do solo no Cariri Ocidental para a prática de pecuária mostra um efetivo de rebanho caprino maior do que o de bovino.



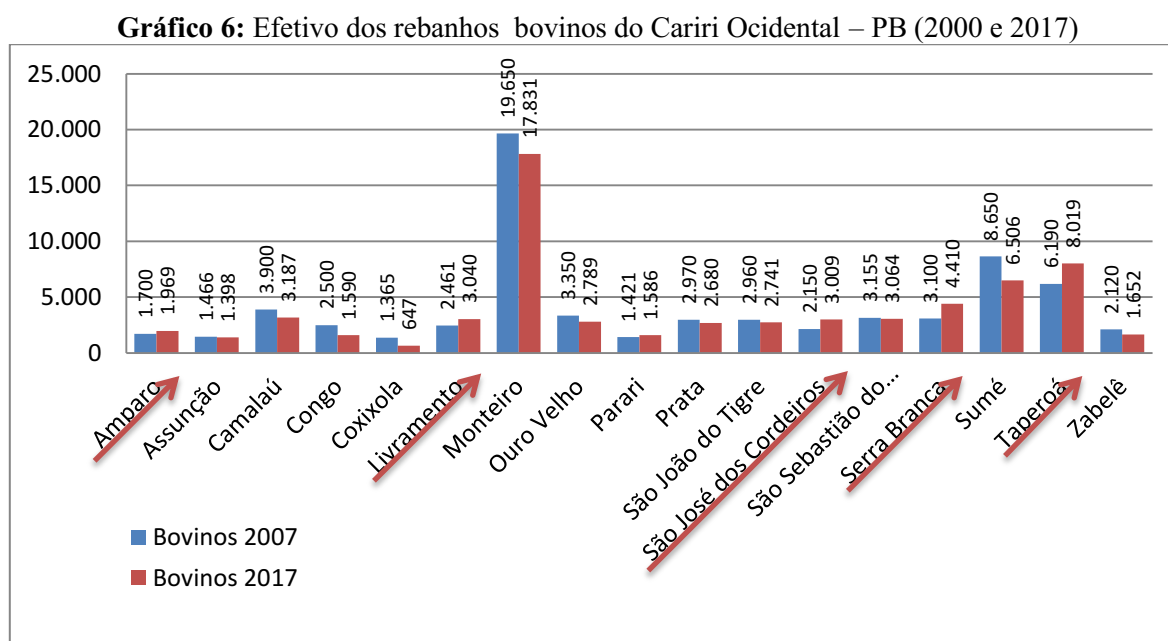
Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 2017

Apenas o município de Ouro Velho possui o quantitativo de bovinos que ultrapassa o de caprinos. Nesse município, o quantitativo de indivíduos bovinos caiu pela metade entre os anos de 2012 a 2014, mas voltou a aumentar nos últimos anos. Já o rebanho caprino

manteve-se estável durante os anos de escassez hídrica. Isso mostra que a pecuária caprina extensiva tem uma grande participação na cultura da região.

Essa atividade causa enorme preocupação devido ao poder de degradar o solo agressivamente, removendo a cobertura vegetal pela raiz e impossibilitando que as mesmas rebrotem. De maneira geral, a alimentação dos animais dá-se de duas formas: no período chuvoso a base alimentar é a vegetação nativa, seja através de pastagens naturais em forma de pastoreio exclusivamente extensivo, e no período de estiagem alimentam-se de palma e de folhas secas, que pode ocasionar a degradação do solo (EMBRAPA, 2017).

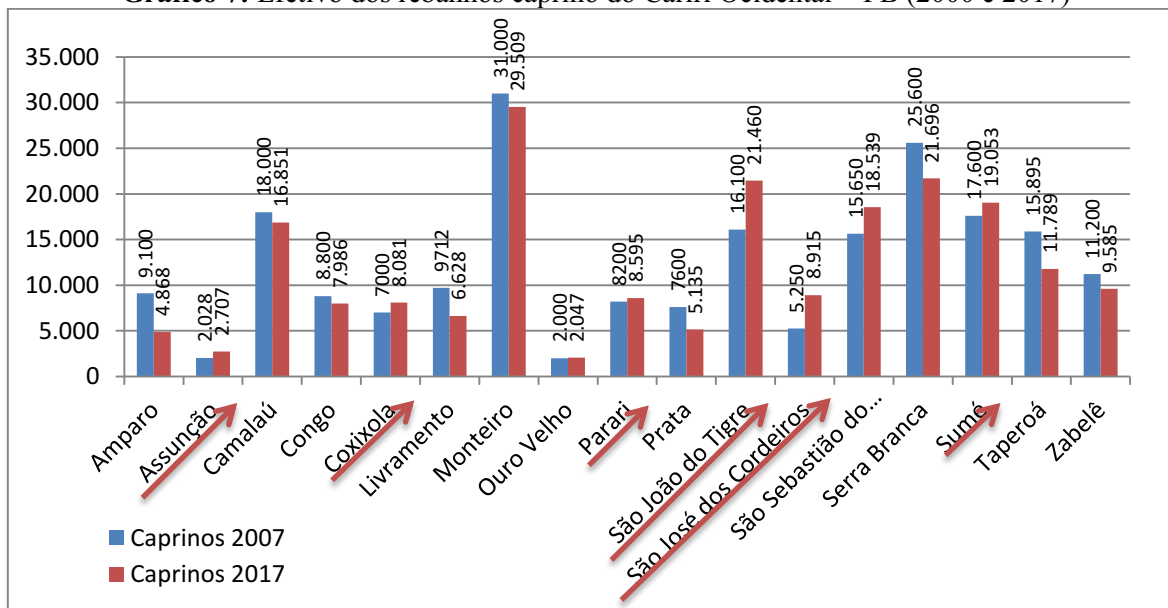
Segundo dados do IBGE (Gráfico 6), o efetivo bovino diminuiu em quase todos os municípios da microrregião entre os anos de 2007 e 2017, exceto os municípios de Amparo, Livramento, São José dos Cordeiros, Serra Branca e Taperoá.



Fonte: IBGE, Censo Agropecuário (2007 e 2017)

Apesar de serem maioria, o efetivo de rebanho de caprinos também diminuiu entre os anos de 2007 e 2017, e apenas nos municípios de Assunção, Coxixola, Parari, Sumé e especialmente São João do Tigre e São José dos Cordeiros observou-se um acréscimo do quantitativo de animais. (Gráfico 7)

Gráfico 7: Efetivo dos rebanhos caprino do Cariri Ocidental – PB (2000 e 2017)

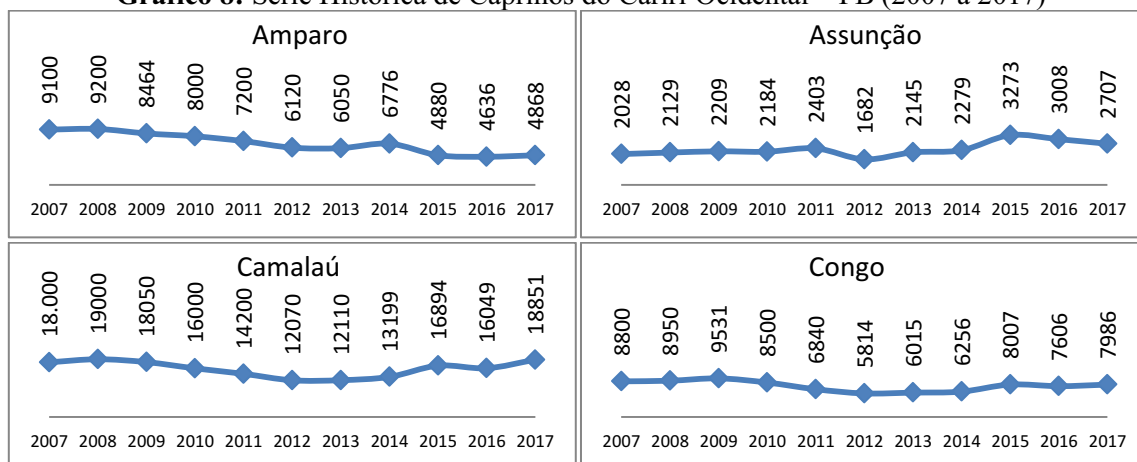


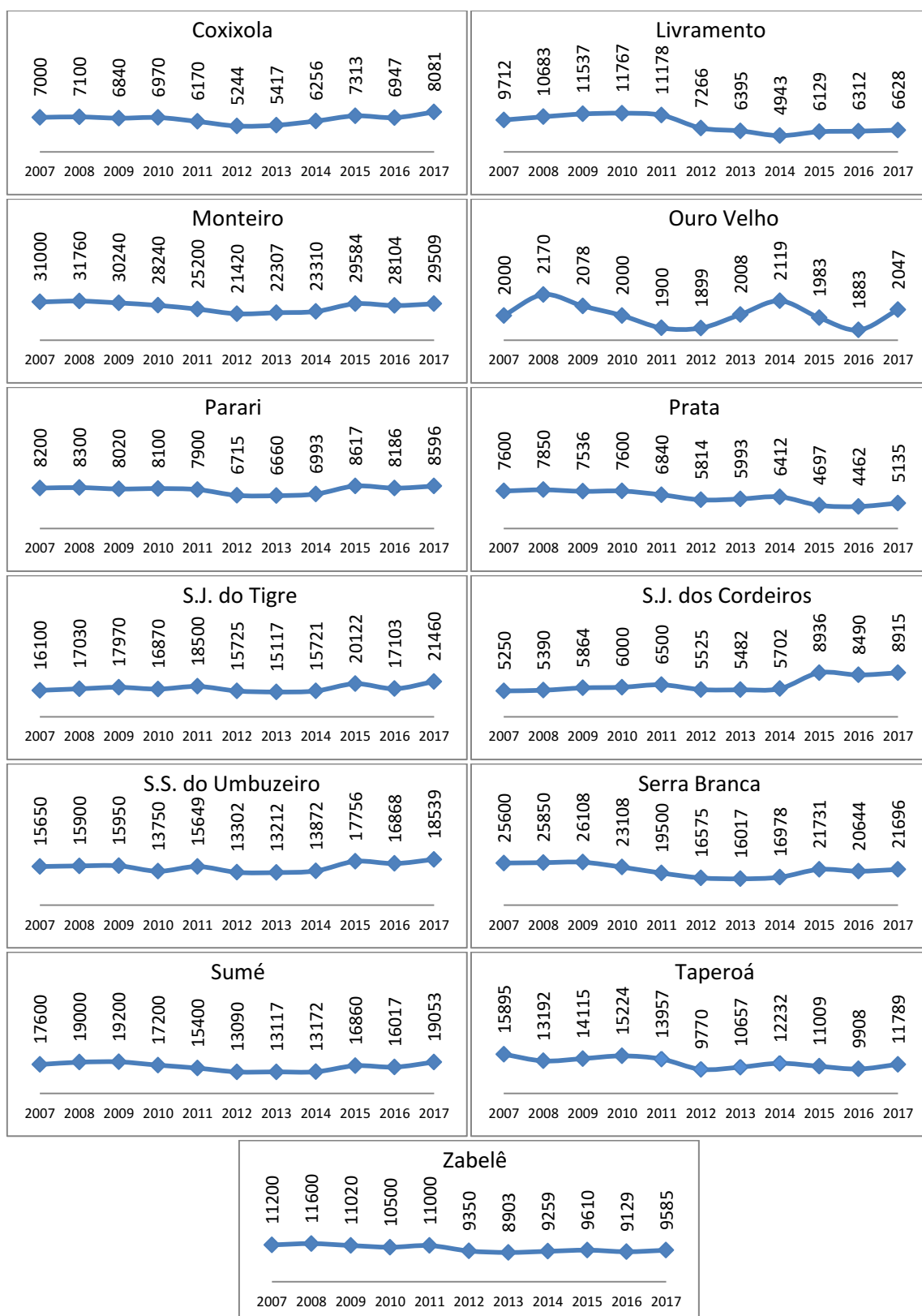
Fonte: IBGE, Censo Agropecuário (2007 e 2017)

De acordo com a série histórica sobre a pecuária no Cariri Ocidental, observa-se nos dados do IBGE que houve um declínio no número de caprinos entre os anos de estiagem na maioria dos municípios. Porém, o efetivo do rebanho caprino voltou a aumentar mesmo após os últimos cinco anos de secas severas registradas na região. (Gráfico 8)

Isso mostra a grande adaptabilidade do rebanho, e em muitos municípios a criação de caprinos constitui em uma das principais fontes de segurança alimentar e de renda para os agricultores (EMBRAPA, 2018).

Gráfico 8: Série Histórica de Caprinos do Cariri Ocidental – PB (2007 a 2017)





Fonte: IBGE, Censo Agropecuário (2007 a 2017)

Comparando os efetivos de animais caprinos com os bovinos entre os dois últimos censos agropecuários – 2007 e 2017 – evidenciamos que no rebanho caprino houve um

decréscimo de 7.291 cabeças, correspondendo a 3,46% do rebanho, e o rebanho bovino, decréscimo de 2.990 cabeças, correspondendo a 4,33% do rebanho. Possivelmente, estes números indicam efeitos negativos mais evidentes para o rebanho bovino, devido aos anos de estiagem ocorridos na região Nordeste nos últimos 5 anos.

Para Souza *et al.*, (2010), o quantitativo de Ovinos no Cariri Ocidental sempre foi menor que o de caprinos e, conseqüentemente, a sua contribuição à degradação também foi menos expressiva. Os ovinos são mais seletivos do que os caprinos no que diz respeito à alimentação, dando preferência às gramíneas e, na falta destas, as folhas dos arbustos caídas no chão. As ovelhas apresentam tendência de se concentrarem nas áreas em que estão pastando, enquanto os caprinos, além de menos seletivos quanto à alimentação, deslocam-se rapidamente, afetando áreas maiores em sua atuação.

4.3 A sócioeconomia no Cariri Ocidental Paraibano

4.3.1 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) abrange a média geométrica dos índices das dimensões Renda, Educação e Longevidade, com pesos iguais. O índice vai de 0 a 1, onde entre 0 e 0,499 o IDH-M é considerado muito baixo; entre 0,500 e 0,599, baixo; entre 0,600 e 0,699, médio; entre 0,700 a 0,799, alto; e a partir de 0,800, muito alto. Para Sampaio (2003), quanto menor o IDH-M de um município, maior a susceptibilidade do mesmo à degradação, pois a população faz maior uso dos recursos naturais. (Tabela 4)

Tabela 4: IDH-M dos Municípios do Cariri Ocidental

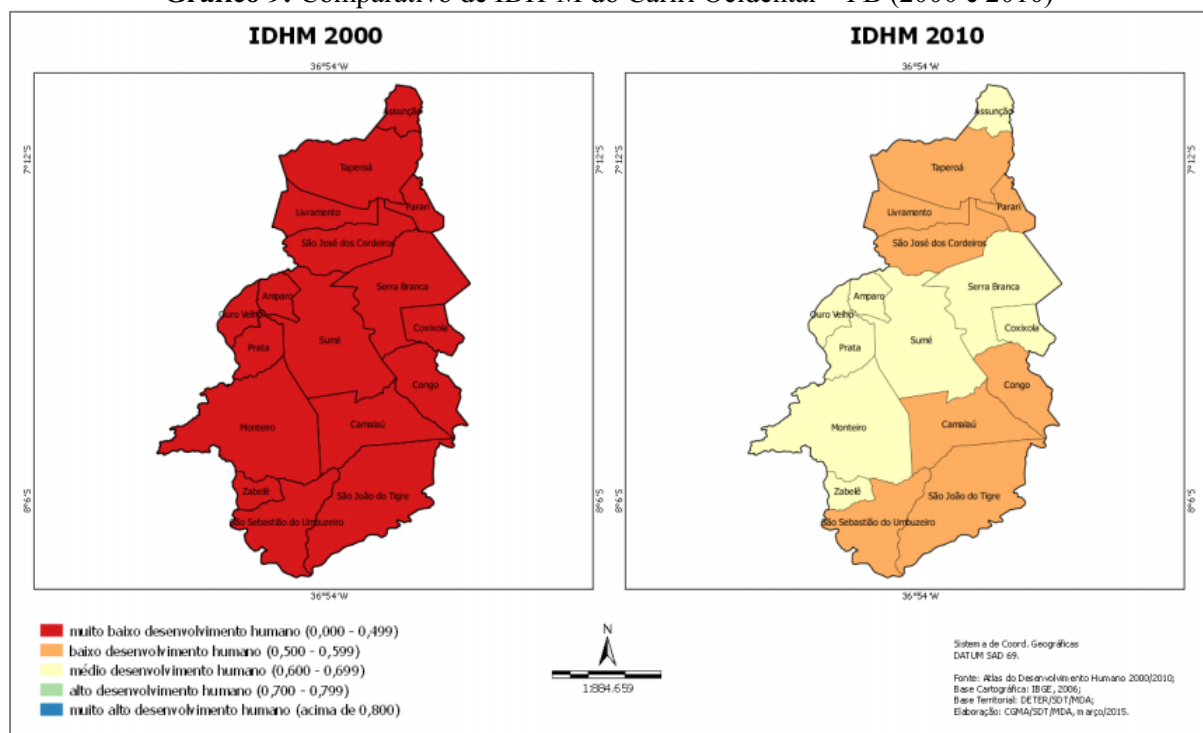
Município	IDH-M 2000	IDH-M 2010
Coxixola	0,432	0,641
Serra Branca	0,476	0,628
Monteiro	0,452	0,628
Sumé	0,469	0,627
Zabelê	0,484	0,623
Ouro Velho	0,461	0,614
Assunção	0,406	0,609
Prata	0,434	0,608
Amparo	0,392	0,606
Parari	0,441	0,584
Congo	0,441	0,581

São Sebastião do Umbuzeiro	0,453	0,581
Taperoá	0,416	0,578
Camalaú	0,405	0,567
Livramento	0,392	0,566
São José dos Cordeiros	0,393	0,556
São João do Tigre	0,369	0,552

Fonte: IBGE (2018)

O IDH-M da microrregião mostra que entre os dezassete municípios do Cariri Ocidental, sete encontram-se em baixo índice de desenvolvimento, são eles: Parari, Congo, São Sebastião do Umbuzeiro, Taperoá, Camalaú, Livramento, São José dos Cordeiros e São João do Tigre, sendo esse último o município com menor IDH-M encontrado na microrregião (Gráfico 9).

Gráfico 9: Comparativo de IDH-M do Cariri Ocidental – PB (2000 e 2010)

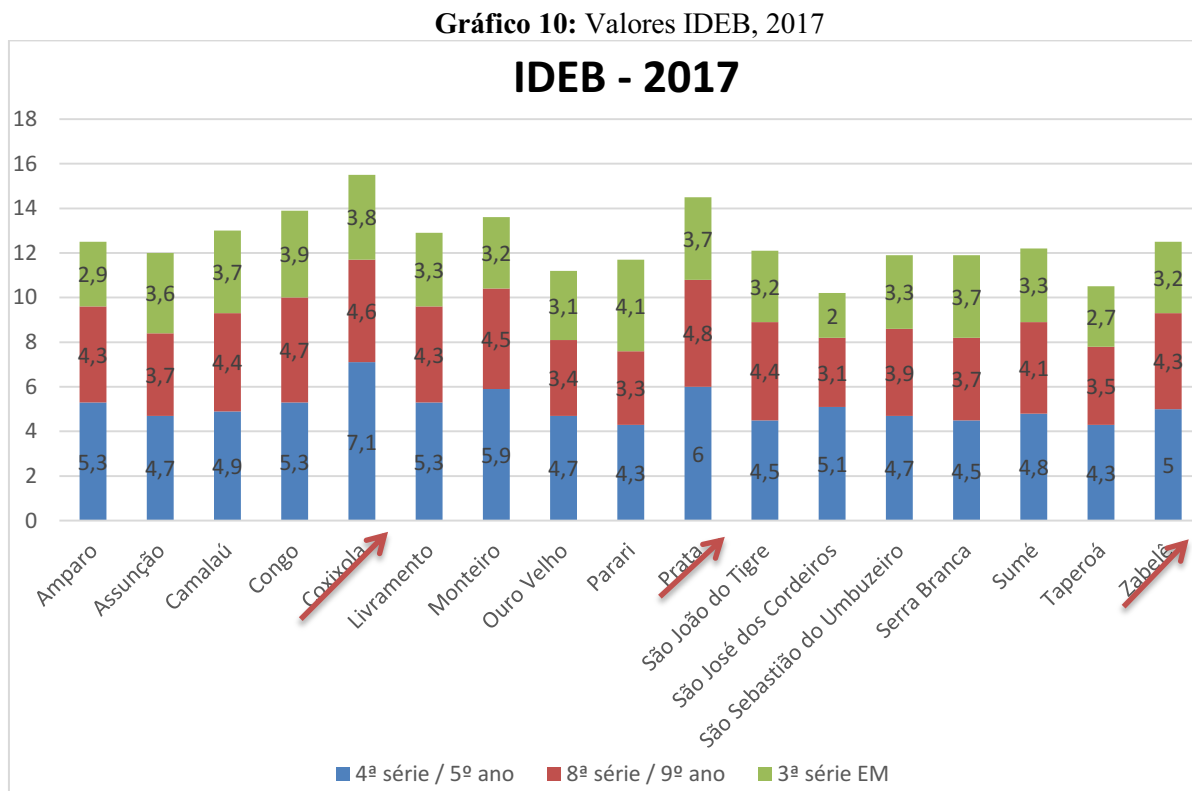


Fonte: MDS (2015)

4.3.2 Educação

A Paraíba não se enquadra em boa posição no ranking mundial, porém nos últimos anos os municípios tem subido valores expressivos. Entre os municípios do Cariri Ocidental

destaca-se o caso de Coxixola, que atingiu a marca de 7,1 de média no 5º ano/8ª série no ano de 2017, Prata, com 6 de média e Zabelê, com 5 (Gráfico 10).



Fonte: INEP/IDEB (2017), Autoria do autor (2019)

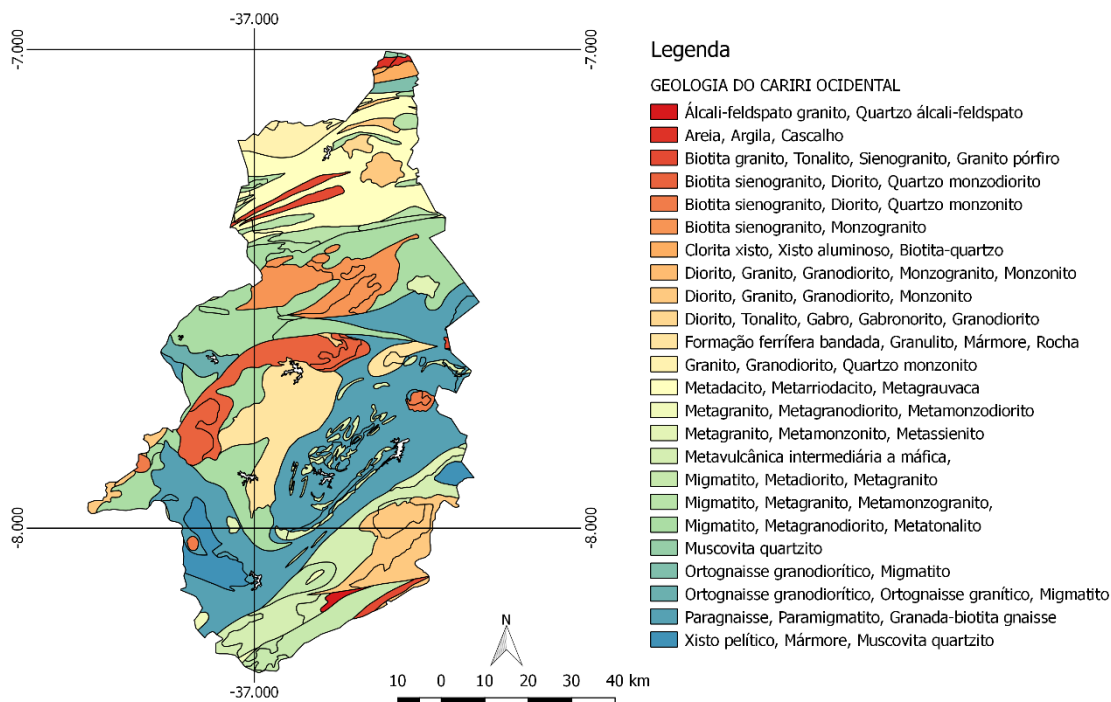
4.4 Análise das Características Físicas

4.4.1 Geologia

A características geológicas do microrregião do Cariri ocidental do estado da Paraíba estão centradas ao complexo cristalino coma predominância variadas de rochas metamórficas. Parte significativa da Microrregião é composta por paragnaisse, ortognaisse e xisto pelico na porção centro sul.

No norte do Cariri Ocidental, encontra-se a predominância de muscovita, migmatitos e rochas metavulcânica intermediaria. Conforme se apresenta a figura 7, existe uma pequena predominância de minerais da classe dos silicatos como a biotita e o dorito. As áreas de abrangência de argila e o álcali são pouco representadas .

Figura 7 - Mapa geológico da microrregião do Cariri Ocidental.

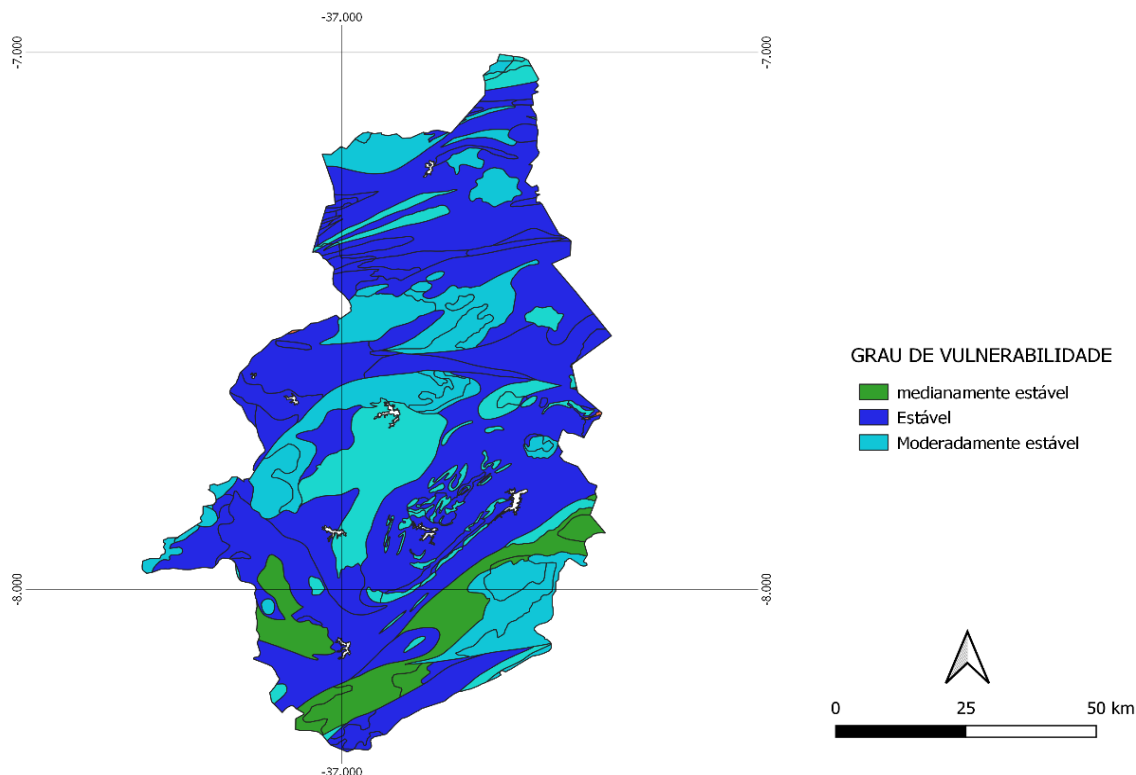


Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018). Elaborado pelo autor.

Para Maciel (2017, p.20) Conforme a metodologia estabelecida por Crepani (2001) a partir dos seus atributos de análise, conclui-se que a área de estudo possui um grau de vulnerabilidade geológica considerado baixo no que diz respeito ao grau de intemperismo, pois os tipos de rochas possuem uma resistência alta.

Observa-se na figura 8, conforme as classes da tabela 1 que mais de 58 % da área de estudo em ton azul apresenta um grau de vulnerabilidade considerado instável, fator associado as características de pedogênese.

Figura 8 - Mapa de vulnerabilidade geológica do Cariri Ocidental Paraibano



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018) Elaborado pelo autor

A maioria das áreas apresenta características de estabilidade seguida da classe moderadamente estável com 58,7% e 27,9 % respectivamente.

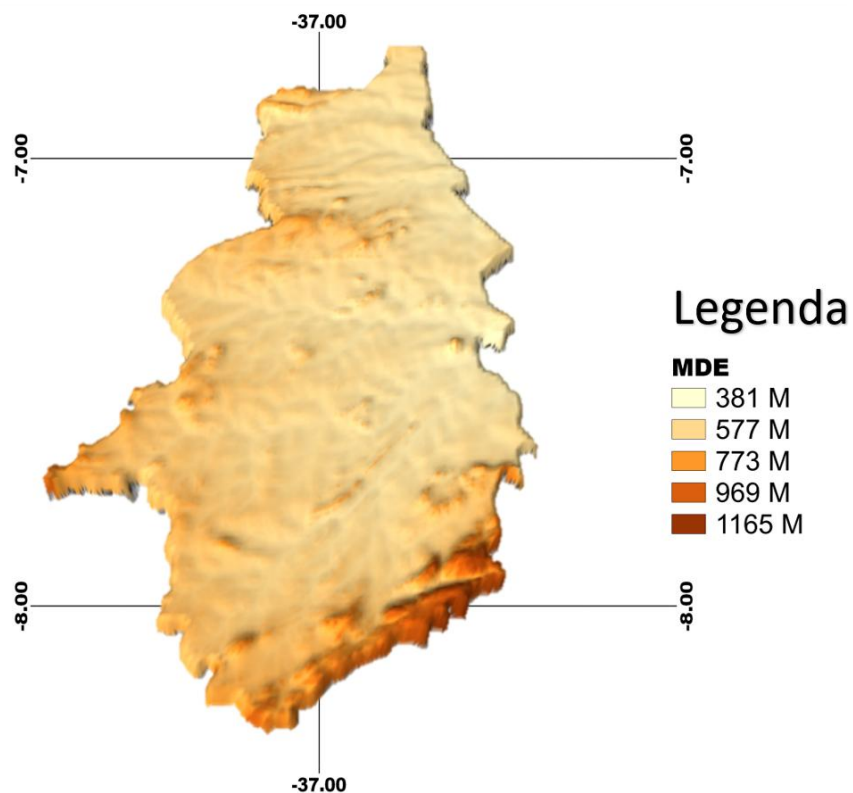
Tabela 5: Grau de vulnerabilidade geológica da microrregião do Cariri Ocidental.

Grau de Vulnerabilidade	Área	Percentual
Estável	4.134,41	58,7 %
Moderadamente estável	1.969,07	27,9 %
Moderadamente vulnerável	941,79	13,4%
Total	7.045,27	100%

4.4.2 Declividade

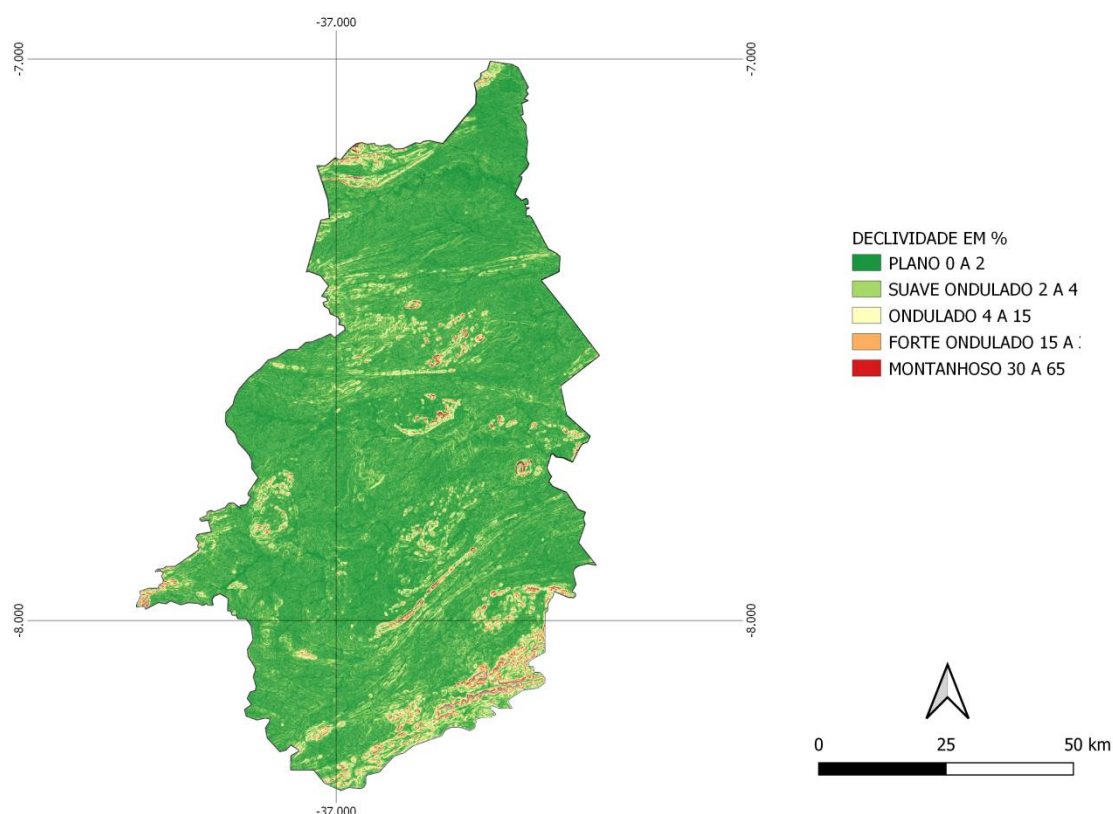
As áreas serranas, por sua vez, pelas próprias dificuldades impostas pelo relevo, no sentido de se efetivar um processo de ocupação mais intenso e principalmente na menor disponibilidade de várzeas expressivas passíveis de serem utilizadas pela agricultura, foram mais poupadas da ocorrência desse tipo de degradação.

Figura 9: Mapa Hipsométrico do Cariri Ocidental Paraibano.



Segundo Ross (2008), a unidade de relevo no qual se encontra o Cariri Ocidental apresenta altitudes que chegam aos 1000 metros representados por rochas cristalinas intrusivas e metamórficas de diferentes idades.

Na (figura 9) podemos ver que a maioria do relevo apresenta-se com altitudes entre os 300 e 700 metros de altitude, e as áreas mais altas estão localizadas entre os municípios de São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro e Congo, com altitudes que chegam a mais de 1100 metros.

Figura 10 - Mapa de vulnerabilidade pedológica da microrregião do Cariri Ocidental

Seguindo as considerações de Crepani *et al.*, (2001), observamos que a área em estudo possui vulnerabilidade geomorfológica em sua maioria moderadamente estável, principalmente por suas baixas declividades e terrenos suave ondulado (Figura 10). As áreas moderadamente vulneráveis correspondem a 11% da região, localizadas na parte sul da microrregião em pontos isolados (Tabela 6).

Tabela 6: Grau de vulnerabilidade geomorfológica para microrregião do Cariri Oriental.

Grau de Vulnerabilidade	Área	Percentual
Estável	1.197.684	17 %
Moderadamente estável	5.072.544	72 %
Moderadamente vulnerável	774.972	11%
Total	7.045,27	100%

4.4.3 Solos

De acordo com MMA (2007), os **Luvissolos Crômicos** são solos de baixa permeabilidade e muito susceptíveis à erosão. Ocorrem em relevos suave ondulado ou raramente ondulado, sendo rasos e pouco profundos. Sua ocorrência é marcante na região mais afetada pela seca. Os **Neossolos Litólicos** ocorrem em mais de 15% das ASD.

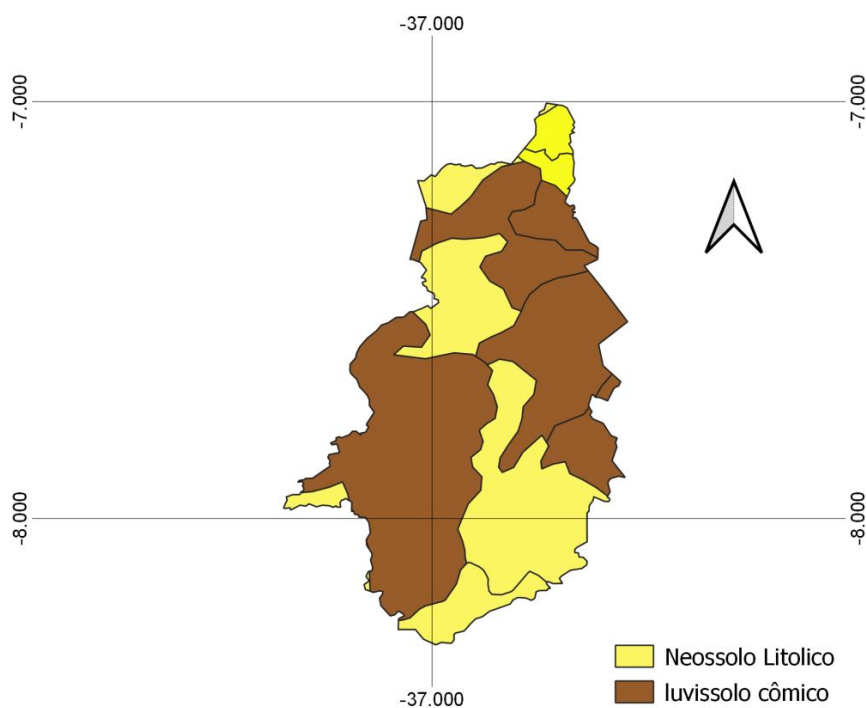
São pouco desenvolvidos, rasos ou muito rasos, normalmente pedregosos e rochosos. Acontecem na região semi-árida em relevos ondulados, por isto são muito susceptíveis à erosão, tornando-os mais exposto ao processo de carregamento do material pelas águas das chuvas como visto na figura 11.

Figura 12: Sumé - PB. Margem da Rodovia, antiga área de Capim Buffel



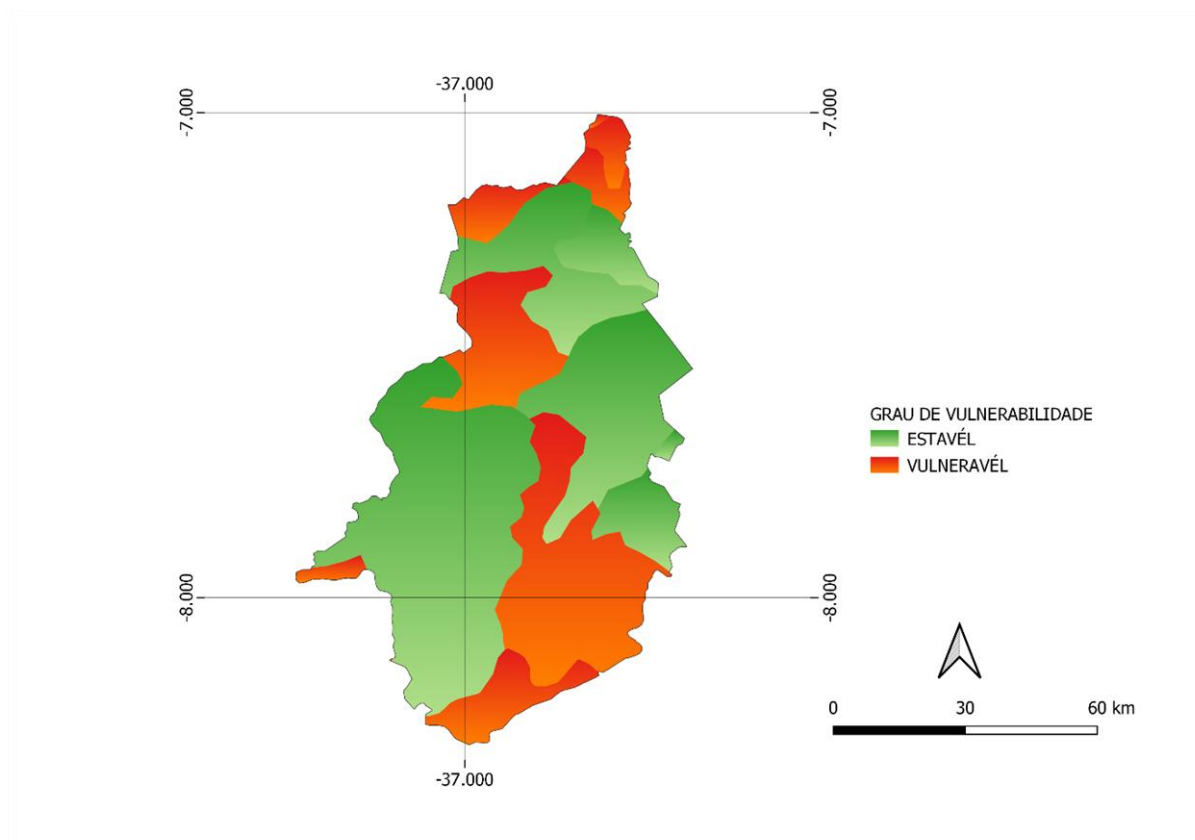
Autor: Daniel Duarte, 2017.

Percebe-se a presença de Neossolos Luvissolos, respectivamente; o que aponta uma clara resposta às características de intemperismo e clima da área.

Figura 12: Solo do Cariri Ocidental

Fonte: Base de dados Embrapa (2018)

Conforme a figura 12, a microrregião do Cariri Ocidental apresenta características pedológicas classificadas em duas categorias. Maior parte das áreas atribuídas aos luvisolos cômicos apresentam um grau de vulnerabilidade instável, correspondendo a 53% da área de estudo. Observa-se um certo equilíbrio das classes da categoria, pois, conforme a tabela 7 a vulnerabilidade da área corresponde a um percentual elevado de 47%.

Figura 12: Mapa de vulnerabilidade pedológica da microrregião do Cariri Ocidental

Fonte: Embrapa (2018) Autoria própria

De acordo com os dados pedológicos obtidos, observa-se que a microrregião do Cariri Ocidental apresenta solos em sua maioria estáveis e vulnerável – 53% e 47% respectivamente. Esses resultados são característicos dos solos rasos e pedregosos que facilmente podem sofrer agentes erosivos e serem transportados. (Tabela X)

Tabela 7: Porcentagem dos graus de vulnerabilidade pedológica no Cariri Ocidental

Grau de Vulnerabilidade	Área	Percentual
Estável	3.733.956	53 %
Vulnerável	3.311.244	47 %
Total	7.045,27	100%

4.4.4 Vegetação

Segundo o Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação (2007), a vegetação da região é a Caatinga, cuja formação é xerófila, lenhosa e normalmente espinhosa, cactácea e bromeliáceas resistente à seca e calor. A vegetação da Caatinga vem sofrendo sucessivos processos de degradação, seja para o uso da madeira ou para expandir a pecuarização, deixando a vegetação rala e o solo desnudo acentuando a erosão (Figura 13).

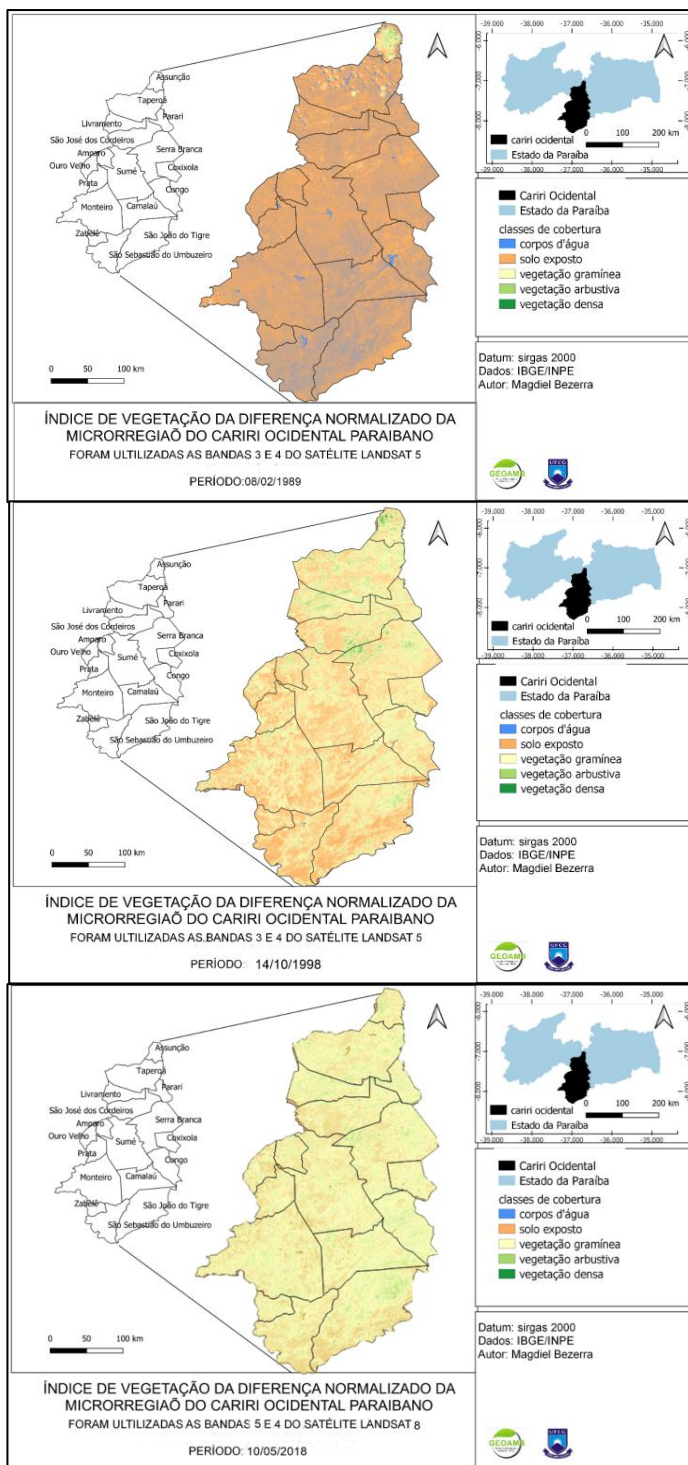
Figura 13: Assentamento Novo Mundo - Camalaú - PB



Autor: Daniel Duarte, 2017.

Devido aos fatores predatórios que a vegetação da caatinga vem sofrendo desde a ocupação da área ao longo dos anos observa-se que a vegetação vem diminuindo expressivamente. O uso da vegetação para extração de lenha e carvão vegetal e para a expansão agropecuária vem deixando o solo desnudo e a vegetação rala, como mostram as séries de imagens em NDVI (Figura X).

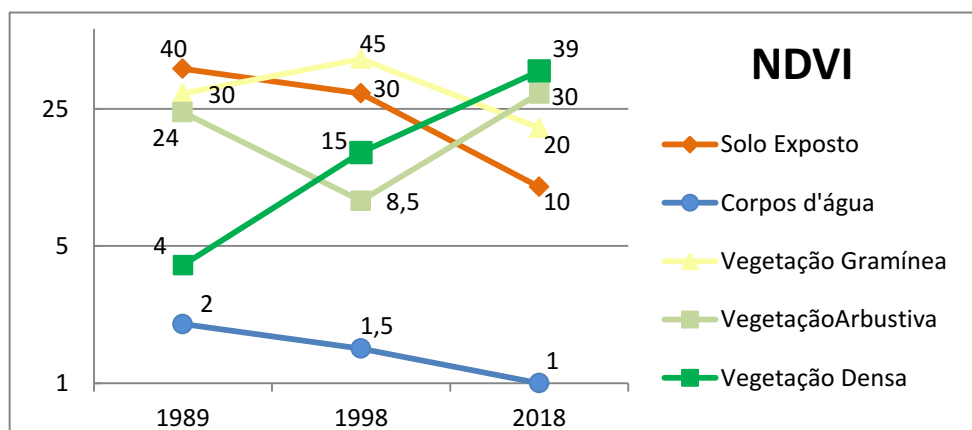
Figura 14: NDVI da área de estudo – 1989, 1998 e 2018



1989		
Classes	Área em km	Percentual
Solo exposto	2.818,08	40%
Corpos d'água	140,90	2%
Vegetação gramínea	2,113,56	30%
Vegetação arbustiva	1,690,84	24%
Vegetação densa	281,80	4%
Total	7.045,18	100%

1998		
Classes	Área em km	Percentual
Solo exposto	2,113,53	30%
Corpos d'água	105,67	1,5%
Vegetação gramínea	3,170,29	45%
Vegetação arbustiva	598,83	8,5%
Vegetação densa	1,056,76	15%
Total	7.045,18	100%

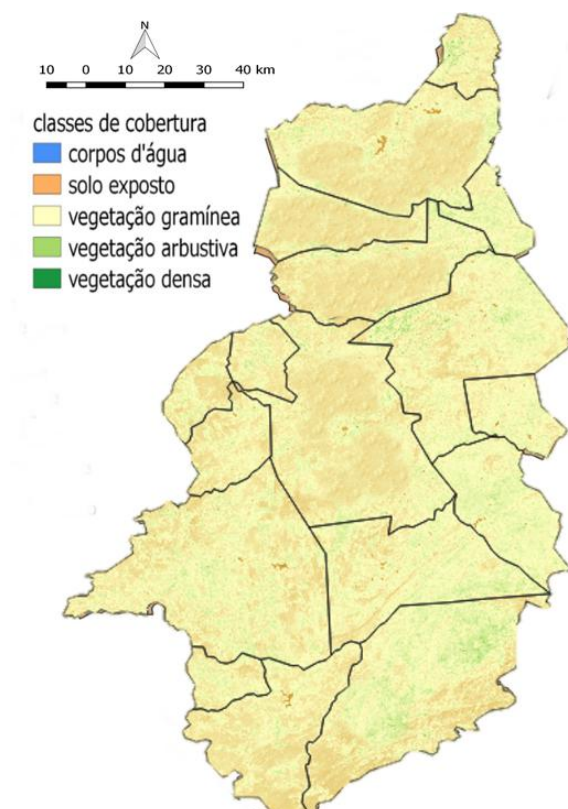
2018		
Classes	Área em km	Percentual
Solo exposto	704,518	10%
Corpos d'água	70,4518	1%
Vegetação gramínea	1.409,036	20%
Vegetação arbustiva	2.113,554	30%
Vegetação densa	2.747,620	39%
Total	7.045,18	100%



4.4.5 Vulnerabilidade Natural do Cariri Ocidental

De acordo com os resultados obtidos após a interpolação das informações, gerou-se um mapa com apenas uma classe onde a variação limitou-se entre o estável e o moderadamente estável (Gráfico 11)

Gráfico 11: Vulnerabilidade Natural do Cariri Ocidental



Como pode ser observado na tabela 8 as classes estável e moderadamente estável apresentam maior representatividade na área de estudos somando 55 e 35 respectivamente.

Tabela 8: Grau de vulnerabilidade da vegetação para microrregião do Cariri Ocidental.

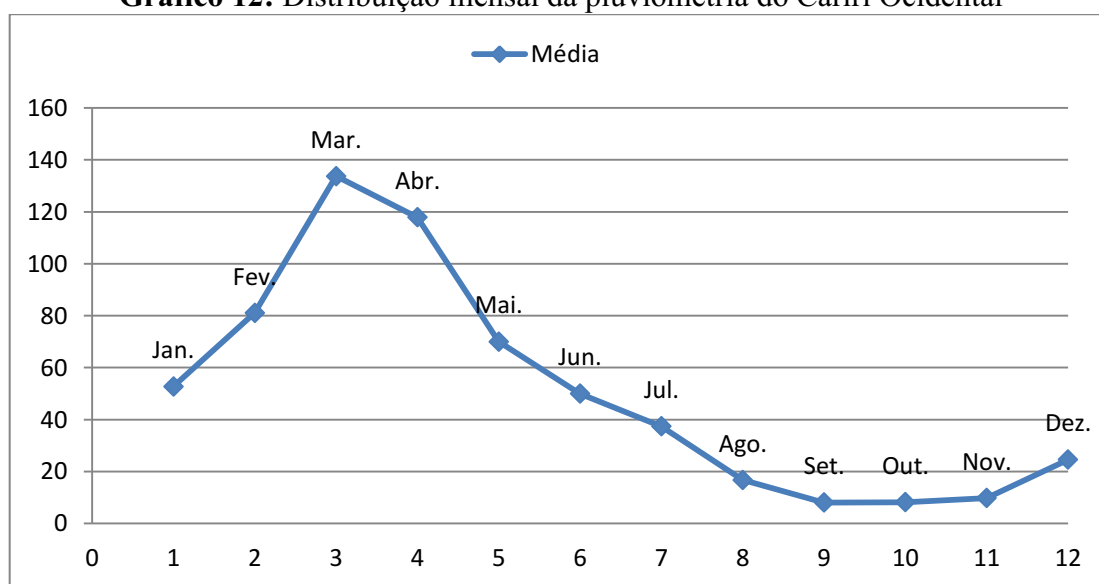
Grau de vulnerabilidade	Área	Percentual
Estável	3.874.86	55 %
Moderadamente Estável	2.465.82	35%
Vulnerável	704.52	10 %
Total	7.045.18	100%

4.4.6 Clima

O regime de chuvas do Cariri Ocidental concentra-se em um período entre 3 a 4 meses do ano, o que ocasiona um déficit hídrico durante seis a oito meses do ano. As chuvas são escassas, uma vez que a encosta oriental do planalto funciona como barreira orográfica.

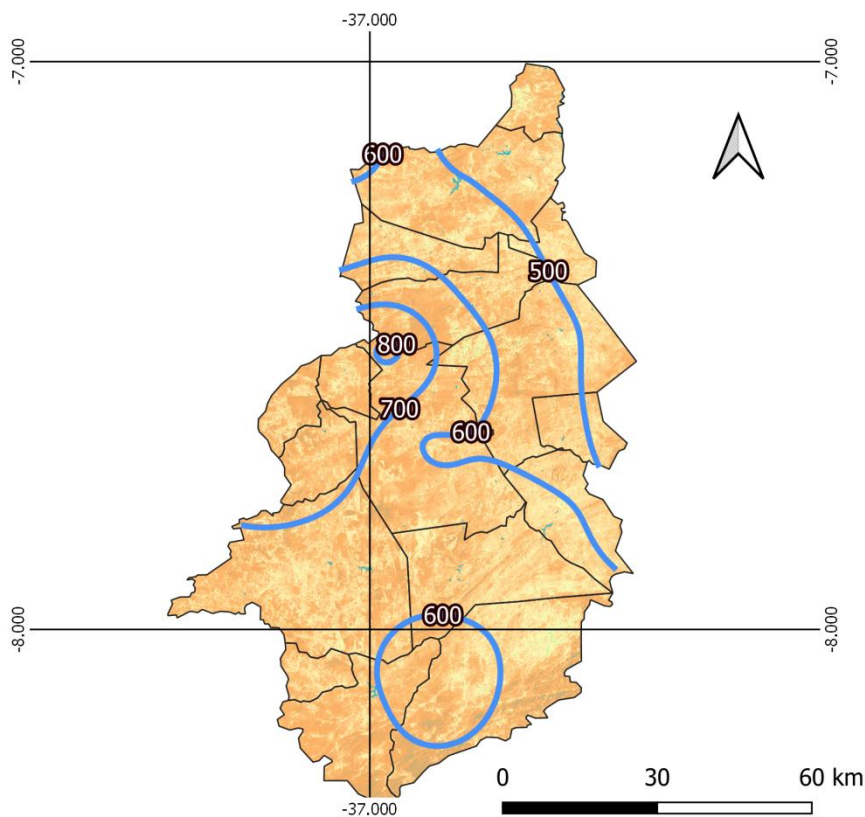
Segundo Nimer (1979), “em nenhuma outra região do Brasil o regime anual de chuva é tão concentrado quanto na região semiárida do nordeste”, nessa região é comum as áreas onde a pluviosidade é mais expressiva em um período de 2-3 meses. Nesse período chuvoso os percentuais de pluviosidade são maiores que 70% do esperado para o ano. No entanto, nos outros meses do ano os valores encontrados alcançam índices muito baixos. Esta afirmação evidencia a má distribuição temporal das chuvas nesta região. (Gráfico 12).

Gráfico 12: Distribuição mensal da pluviometria do Cariri Ocidental



Fonte: Francisco *et al.*, (2018)

A partir do mapa com os valores médios interpolado, os menores índices pluviométricos anuais encontram nos municípios de São João do Tigre (480 mm), seguido por Parari (487 mm) e Coxixola (488 mm). Amparo e Assunção, segundo dados de Francisco *et al.*, enquadram-se nos municípios com maior índice pluviométrico; (1023 mm) e (964 mm) respectivamente (Figura 15).

Figura 15: Variabilidade espacial dos totais anuais médios das chuvas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O maior volume de precipitação ocorre entre os meses de janeiro a abril e o período seco corresponde aos meses de junho a dezembro. Demonstra-se que a má distribuição de chuvas durante o ano faz com que o período seco se estenda tendo seu auge no último trimestre do ano (Tabela 9).

Tabela 9: Precipitação Média (mm)

Municípios	Médias Pluviais - Cariri Ocidental												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
São João do Tigre	41,5	62,2	116,5	101,8	48,0	33,1	21,4	7,8	4,1	7,5	12,1	24,8	480,8
Parari	30,6	74,6	114,8	121,7	44,7	30,8	28,6	9,9	3,0	4,5	5,1	19,0	487,3
Coxixola	47,6	61,6	109,5	102,5	49,8	41,7	31,1	11,4	4,6	6,9	2,6	19,3	488,6
Congo	43,5	66,2	124,5	99,3	69,7	36,9	19,3	3,7	0,9	2,8	4,9	24,8	496,5
Serra Branca	45,5	73,8	119,4	104,3	53,7	37,9	26,0	13,4	5,2	5,5	6,6	25,2	516,5
Livramento	67,2	74,5	130,1	79,2	67,2	36,8	25,5	8,8	2,6	13,4	5,8	25,5	536,6

Camalaú	52,5	76,5	119,8	104,8	63,9	35,3	29,1	12,2	6,4	8,3	9,7	19,8	538,3
Taperoá	44,0	80,4	141,2	109,9	59,3	31,3	21,5	9,3	2,8	5,6	9,1	26,0	540,4
São J. dos Cordeiros	49,0	83,0	142,3	126,7	58,3	35,7	29,5	12,3	2,7	4,5	4,0	15,0	563
São S. do Umbuzeiro	60,1	81,8	132,7	105,3	59,3	30,9	22,0	7,5	7,9	11,6	19,5	32,9	571,5
Zabelê	49,9	81,9	143,5	122,2	52,8	31,0	22,8	6,9	9,2	9,5	17,4	26,9	574
Monteiro	53,7	79,7	131,7	109,9	81,8	48,7	31,6	14,2	6,7	12,5	13,2	26,9	610,6
Sumé	67,4	86,6	147,2	120,6	79,6	68,7	36,9	14,6	6,7	2,7	2,2	19,1	652,3
Ouro Velho	51,0	97,9	150,7	146,3	70,8	45,8	36,0	14,0	5,4	5,0	7,5	24,5	654,9
Prata	64,0	108,0	157,9	136,1	75,9	42,7	29,7	12,6	4,0	8,1	10,0	26,0	675
Assunção	67,3	96,2	149,0	153,1	120,3	120,4	104,4	59,9	30,1	14,5	18,6	30,9	964,7
Amparo	62,1	93,8	143,1	160,2	135,0	141,7	120,6	66,5	34,7	16,2	18,2	31,3	1023,4
Média	52,75	81,1	133,75	117,87	70	49,96	37,41	16,76	8,05	8,18	9,79	24,58	

Fonte: Francisco *et al.*, (2018)

As precipitações intensas nos primeiros meses do ano, associado ao solo raso e desprotegido, fazem com que as águas da chuva escoem em regime torrencial (Figura 16)

Figura 16: Chuvas em Camalaú - PB. Assentamento Novo Mundo



Autor: Daniel Duarte, 2017

4.4.7 Índice de Aridez

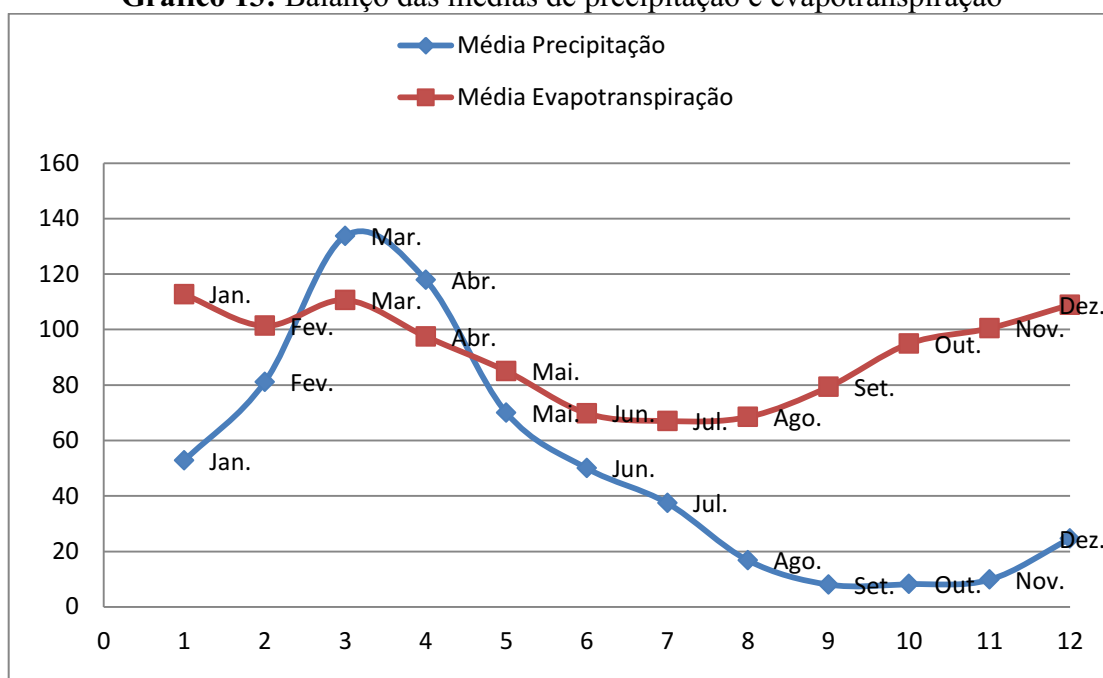
Quanto aos resultados obtidos no Índice de Aridez (Ia) para os dezassete municípios do Cariri Ocidental de Francisco *et al.*, (2018) em seu livro Balanço Hídrico Climatológico para Capacidade d Campo de 10m – Estado da Paraíba, demonstra que apenas os municípios de Assunção (com 0,90) e Amparo (com 1,00) encontram-se fora dos limites que definem as áreas susceptíveis à desertificação. De outra forma, municípios como Parari (com 0,40), Congo e Coxixola (com 0,41), possuem índices comparáveis a regiões áridas, encontrando-se respectivamente com índices de susceptibilidade á desertificação. (tabela 10)

Tabela 10: Índice de Aridez para os municípios do Cariri Ocidental – PB

Cariri Ocidental	Município	Média P. (mm)	Média Evap. (mm)	Índice de Aridez (Ia)
	Parari	487,3	1173,7	0,40
	Congo	496,5	1155,4	0,41
	Coxixola	488,6	1166,7	0,41
	Serra Branca	516,5	1144,8	0,44
	São João do Tigre	480,8	1038,7	0,45
	Camalaú	538,3	1134,2	0,46
	Livramento	536,6	1121,5	0,46
	Taperoá	540,4	1138,2	0,46
	São José dos Cordeiros	563	1120,4	0,49
	São Sebastião do Umbuzeiro	571,5	1076,5	0,51
	Zabelé	574	1083,8	0,51
	Monteiro	610,6	1095,2	0,55
	Sumé	652,3	1131,2	0,57
	Ouro Velho	654,9	1108,1	0,58
	Prata	675	1109,9	0,59
	Assunção	964,7	1128,2	0,90
Amparo	1023,4	1096,2	1,00	

Fonte: Francisco *et al.*, (2018)

Pode-se observar que as condições ecoclimáticas produzem severidade de clima no Cariris Ocidental com acentuada aridez entre os meses de agosto a novembro e as chuvas significativas começam entre março e abril (Gráfico 13).

Gráfico 13: Balanço das médias de precipitação e evapotranspiração

Fonte: Francisco et al., (2018)

A relação entre a média do índice de precipitação e o de evapotranspiração exprime o nível de aridez, por isso, quanto menor a precipitação e maior a evapotranspiração, maior será o nível de aridez. Na tabela 11 vemos que os meses de menor pluviosidade (julho a dezembro), a evapotranspiração é maior, dessa forma, mais elevado será o nível de aridez.

Tabela 11: Evapotranspiração Potencial Média (mm)

Municípios	Evapotranspiração Potencial Média – Cariri Ocidental												Anual
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Amparo	110,2	98,8	105,4	92,1	84,0	69,8	67,6	70,7	82,8	98,9	104,3	111,6	1096,2
Assunção	113,5	101,7	108,1	94,7	86,8	72,5	70,3	72,8	84,5	100,9	107,1	115,3	1128,2
Camalaú	114,4	103,3	110,2	96,0	87,0	72,0	69,5	72,5	84,6	101,6	107,4	115,7	1134,2
Congo	116,6	105,4	112,3	97,9	88,8	73,5	71,0	73,7	85,7	103,1	109,3	118,1	1155,4
Coxixola	117,6	106,2	113,0	98,7	89,8	74,5	72,0	74,6	86,6	104,1	110,3	119,3	1166,7
Livramento	112,6	101,0	107,5	94,1	86,1	71,8	69,6	72,5	84,5	100,9	106,6	114,3	1121,5
Monteiro	110,2	99,1	105,9	92,4	83,8	69,3	67,1	70,4	82,6	98,9	104,1	111,4	1095,2
Ouro Velho	111,1	99,7	106,3	93,1	84,9	70,6	68,4	71,8	83,9	100,2	105,4	112,7	1108,1
Parari	118,0	106,3	112,8	98,9	90,4	75,4	73,0	75,6	87,4	104,8	111,1	120,0	1173,7

Prata	111,4	100,1	106,8	93,4	85,0	70,6	68,4	71,7	83,9	100,2	105,5	112,9	1109,9
São João do Tigre	105,6	94,9	101,8	88,0	79,4	65,1	62,8	65,5	77,6	93,3	98,7	106,0	1038,7
São J. dos Cordeiros	112,7	101,2	107,7	94,2	86,1	71,6	69,3	72,2	84,1	100,6	106,4	114,3	1120,4
São S. do Umbuzeiro	108,7	97,9	104,9	91,1	82,3	67,7	65,4	68,6	80,9	97,1	102,3	109,6	1076,5
Serra Branca	115,3	103,9	110,6	96,6	88,0	73,2	70,7	73,4	85,3	102,4	108,4	117,0	1144,8
Sumé	113,8	102,4	109,2	95,4	86,8	72,1	69,7	72,8	84,8	101,6	107,3	115,3	1131,2
Taperoá	114,2	102,5	108,9	95,5	87,4	73,0	70,8	73,6	85,4	102,0	108,8	116,1	1138,2
Zabelê	109,2	98,3	105,2	91,6	82,8	68,3	66,1	69,4	81,7	97,9	103,0	110,3	1083,8
Média	112,6 5	101,3 3	110,6 4	97,46	85,01	69,77	67,01	68,47	79,28	94,9	100,4 7	108,9 2	

Fonte: Francisco *et al.*, (2018)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostrou que quando ocorre processos de desertificação pode-se observar um agravamento ligado a indicadores sócioeconômicos e por fatores antrópicos e naturais, sendo o sensoriamento remoto um forte aliado na detecção das imagens por meio de satélites e por dados censitários. Os indicadores sócioeconômicos revelam informações sobre a pressão antrópica que interfere sobre o ambiente.

No que se refere ao extrativismo vegetal foi possível constatar que a quantidade de madeira extraída é aponta a ausência de técnicas sustentáveis de exploração, aumentando ainda mais o problema. A qualidade do solo é comprometida pela produção de lenha e carvão, presentes em todos os municípios do Cariri Ocidental Paraibano. Os municípios com maior quantidade de carvão vegetal extraído é Congo, Monteiro e Camalaú, ocupando os primeiros lugares no ranking do estado. O mesmo acontece com Taperoá, Serra Branca e São José dos Cordeiros, no que se refere à extração de lenha. O destino desse produto é a maior parte para consumo das famílias, olarias, panificação e para outros estados, como por exemplo Pernambuco.

Os municípios com menor IDH-M são mais vulneráveis à degradação acarretando ao ciclo de desertificação, tendo em vista que a população utiliza com mais frequência os recursos naturais. Os dados censitários mostraram que, embora tenha ocorrido uma

melhora entre os dois últimos censos, os municípios do Cariri Ocidental ainda encontram em baixos níveis de desenvolvimento, como o caso de São João do Tigre e São José dos Cordeiros, que possuem os mais baixos índices de desenvolvimento humano da microrregião.

Quanto mais alfabetizada é uma população, mais amplos são seus conhecimentos à respeito de práticas de preservação natural e uso consciente dos recursos naturais. Dessa forma, e com os dados censitários obtidos, vemos que municípios como Coxixola, Prata e Zabelê possuem os melhores desempenhos junto ao mais recente IDEB. Coxixola destaca-se com o melhor índice do IDEB também do estado da Paraíba, superando cidades como a capital João Pessoa.

A densidade demográfica mostra que na medida em que há concentração populacional em uma determinada área, maior é a degradação das terras. Municípios como Monteiro, Taperoá e Serra Branca possuem juntos a maior população rural da microrregião.

Em geral, os respectivos índices socioeconômicos da área estudada apontam que a população apresenta baixo índice de desenvolvimento econômico e social sendo a pressão de pessoas que residem na zona rural maior do que na área urbana para alguns municípios, tal como: São João do Tigre, com 30% mais população rural que urbana, São José dos Cordeiros, com 17 % e Coxixola, com 11% mais população rural que urbana.

Há um predomínio na pecuária extensiva (caprino, bovino e ovino) que é a principal fonte de economia da região e que não possui quase nenhum manejo sustentável, interferindo diretamente na vegetação e no solo da região.

Destacam-se os municípios de São José dos Cordeiros, Taperoá, Parari, Serra Branca, Coxixola, Congo, Camalaú e São João do Tigre como os municípios mais degradados do Cariri Ocidental.

Em regiões com acentuada variabilidade na distribuição das chuvas, pode se identificar as áreas com aridez mais elevada. É o caso de São João do Tigre, Parari e Coxixola. O contrário acontece com os municípios de Amparo e Assunção, com encontrando-se fora dos limites que definem as áreas susceptíveis a desertificação.

Nesse contexto, destacamos que o conjunto de problemas presentes no Cariri Ocidental Paraibano é, em grande parte, resultado da falta de conhecimento associado a ausência de comprometimento com os valores ambientais e socioeconômicos que dominam as Políticas Públicas desenvolvidas ao longo do processo de ocupação dessas áreas.

A forma mais eficaz de amenizar ou reverter os prejuízos ambientais que se pôde observar na área em estudo é identificar e amenizar os fatores que contribuem para a degradação das terras., auxiliando no planejamento adequado do uso dos recursos naturais disponíveis.

6. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical**. Geomorfologia, São Paulo, nº 53, 1977.

ALVES, J. J. A.; SOUZA, E. N.; NASCIMENTO, S. S. **Núcleos de desertificação do Estado da Paraíba**. Curitiba, n. 17, Editora UFPR. p. 139-152, 2009.

ALVES, Jose Jakson Amâncio, **Caatinga do Cariri Paraibano**. GEONOMOS p. 19 - 25, 2009.

ALVES, Telma Lucia Bezerra; AZEVEDO, Pedro Vieira de; FARIAS, André Aires de. Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.08, n.06. 2015.

ARAÚJO, Sergio Murilo Santos de. O território brasileiro e as áreas degradadas. In: Recuperação de Áreas Degradadas: **Conceitos, Temas e Casos**. ARAÚJO, Sérgio Murilo Santos de; DANTAS NETO, José (orgs.). Curitiba-PR: CRV, 2016, p. 9-16. 2016.

BERTRAND, G. (1972) Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. São Paulo, **Instituto de Geografia USP**. 27 p. (Cadernos de Ciências da Terra, 13)

BOLÒS i Capdevila, Maria de. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de geografia**, Vol. 15, Núm. 1, p. 45-68, 1981. <<https://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/view/45940/56766>> Acesso em: 28 de Abril de 2019.

CANDIDO, H. G.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. da. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n 2, p. 368-371, 2002.

CARVALHO, P. P. A convivência com o semiárido como estratégia para o combate à desertificação: uma experiência no Sertão do Araripe. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v.9, n.3, dezembro de 2012.

DOURADO, Camila da Silva. **Áreas de risco de desertificação: cenários atuais e futuros, frente às mudanças climáticas**, Tese (doutorado), 2017.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro: EPE, 2011.

GASPAR, Lúcia. Desertificação. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 23 de maio de 2019.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; MEDEIROS, Raimundo Mainar de; SANTOS, Djail. **Balanço hídrico climatológico para a capacidade de campo de 100 mm**. Campina Grande: EDUFPG, 2018.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SANTOS, Djail. **Climatologia do estado da Paraíba**. Campina Grande: EDUFPG, 2017.

NAÇÕES UNIDAS, **Lançamento da Década das Nações Unidas para os Desertos e a Luta Contra a Desertificação**, 2010, <<https://nacoesunidas.org/decada-da-onu-para-os-desertos-e-a-luta-contra-a-desertificacao/>> Acesso em: 10 de Maio de 2019.

NAÇÕES UNIDAS, **Quase metade da população mundial viverá em áreas com grande escassez de água até 2030**, 2013, Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/quase-metade-da-populacao-mundial-vivera-em-areas-com-grande-escassez-de-agua-ate-2030-alerta-onu/>> Acesso em: 10 de Maio de 2019.

LIMA, J. R.; **Desertificação no contexto da convivência com o Semi-árido. Especial: desertificação e semi-árido**, Boletim nº10. João Pessoa/PB. 2005.

.MACEDO, M. R. Uma Abordagem Temática e Especial de Áreas Passíveis à Desertificação na Região do Seridó – RN/ PB. **Dissertação (Mestrado em Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação)** - Universidade Federal de Pernambuco – Recife, 2007.

MAINGUET, M., **L'Homme et la Sécheresse**. Paris: Masson, 1995.

MAINGUET, M. **Stratégies de combat contre la degradation de l'environnement dans les écosystèmes secs: les responses des Nations Unies**, de la C.E.I., de la Chine et du Sahel. Bull. Assoc. Géograph. França, Paris, n.5 p. 422-433, 1992.

MATALLO JUNIOR Heitor, **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília, UNESCO, 2001.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, **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, 2004.

NASCIMENTO, F. R. do. Métodos em questão. **O uso da Teoria dos Sistemas em Geografia Física: o caso da Geomorfologia**. 136 fl. Monografia (Bacharelado em Geografia – Levantamentos Fisiográficos e conservacionistas). Fortaleza, 2001.

PAE - **Plano de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca de Minas Gerais**. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Coordenação de Combate à Desertificação; Secretaria Executiva, 2010.

PARAÍBA. **Plano de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAE/PB**. João Pessoa: Secretaria de estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia/SUDEMA, 2011.

PAN-Brasil. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos. 2004.

PATRÍCIO, Maria da Conceição Marcelino, **O Processo de Desertificação nos Municípios de Cabaceiras e Barra de São Miguel-PB: uma análise a partir dos índices biofísicos (NDVI, TGSÍ e albedo) e socioeconômicos no período de 1989 a 2010**. 136f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande UFCG, Campina Grande-PB, 2017.

PEREIRA, Daniel Duarte, **Cariris paraibanos: do sesmarialismo aos assentamentos de reforma agrária. Raízes da desertificação?**, (Tese Doutorado), UFCG/RECURSOS NATURAIS, 2008.

PEREZ MARIN, Aldrin M.,CAVALCANTE, Arnóbio de M. B., MEDEIROS, Salomão S., TINÔCO, Leonardo B. de M., e SALCEDO, Ignácio H. **Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antropica**. V.17, n.34, Brasília - DF. p.87 – 106, 2012.

PNUD, Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. – Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013.

RICHÉ, G. R.; SÁ, I. B.; FOTIUS, G. A. Pesquisa sobre reabilitação ambiental no trópico semi- árido brasileiro. **Semana de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Salvador/BA. 1994.

RODRIGUES, Cleide. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, p. 69-77, 2001.

ROMERO, Arturo Garcia e JIMÉNEZ, Julio Munoz. **El paisaje en el âmbito de la Geografia**. Cidade do México: Instituto de Geografia. 2002.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. São Paulo, **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, n°8, 1994.

Secretaria de Desenvolvimento Territorial, Ministério de Desenvolvimento Agrário, Perfil Territorial do Cariri Ocidental, **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. 2015.

SILVEIRA, Emerson Lizandro da, PAISAGEM: um conceito chave na Geografia. **Observatorio Geográfico de América Latina**. EGAL-12. México. 2009.

SOUZA, Bartolmeu Israel; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. Desertificação na Paraíba. **I Seminário Regional sobre Potencialidades do Bioma Caatinga**, Sumé – PB, 2014.

SOUZA, Bartolomeu Israel; TRAVASSOS, Ibrahim Soares. **Solos e Desertificação No Sertão Paraibano**. Cadernos do Logepa, v.6, n.2, p. 101-114, jul./dez. 2011.

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

SOUZA, Bartolomeu Israel de; Dirce Maria Antunes SUERTEGARAY y Eduardo Rodrigues VIANA DA LIMA. Políticas públicas, uso do solo e desertificação nos cariris velhos (PB/Brasil). Scripta Nova. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales**. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 10 de enero de 2010, vol. XIV, nº 311.

SPÖRL C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim**, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). São Paulo: USP, 2001.

SPÖRL C, ROSS JLS. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, p. 39-49, 2004.

TAVARES, Valter Cardoso; ARRUDA, Ítalo Rodrigo Paulino; SILVA, Danielle Gomes da. Desertificação, Mudanças Climáticas e Secas no Semiárido Brasileiro: Uma Revisão Bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 385-405, jan./abr. 2019.

TRAVASSOS, Eduardo Panisset e FILHO, Oswaldo Bueno Amorim. A percepção geográfica da paisagem cárstica como instrumento de preservação. **Revista de Biologia e ciências da Terra**. Universidade Estadual da Paraíba, 2001

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano. **GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.