



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE
HUMANIDADES UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA**

ANSELMO DE ARAÚJO BARBOSA

**AVALIAÇÃO DA DESERTIFICAÇÃO COM INDICADORES
BIOFÍSICOS E ECONÔMICOS NO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO
(1999 A 2019)**

**CAMPINA GRANDE – PB
2020**

ANSELMO DE ARAÚJO BARBOSA

**AVALIAÇÃO DA DESERTIFICAÇÃO COM INDICADORES
BIOFÍSICOS E ECONÔMICOS NO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO
(1999 A 2019)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia,
apresentado à Universidade Federal de Campina
Grande, como parte das exigências para obtenção do
título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de
Araújo

CAMPINA GRANDE-PB

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE HUMANIDADES
UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA
CURSO DE GEOGRAFIA

ANSELMO DE ARAÚJO BARBOSA

AVALIAÇÃO DA DESERTIFICAÇÃO COM INDICADORES
BIOFÍSICOS E ECONÔMICOS NO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO
(1999 A 2019)

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em: 24/11/2020

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo
Orientador (UFCG)

Maria da Conceição Marcelino Patrício

Prof. Dra. Maria da Conceição Marcelino Patrício (membro externo)



Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira de Carvalho (UFCG)

Campina Grande-PB, 2020

AValiação DA DESERTIFICAÇÃO COM INDICADORES BIOFÍSICOS E ECONÔMICOS NO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO (1999 A 2019)

Anselmo de Araújo Barbosa ¹
Sérgio Murilo Santos de Araújo ²

RESUMO

O processo de desertificação é entendido como um fenômeno complexo de redução das propriedades edáficas do solo, resultando em múltiplos problemas na produção de alimentos das populações. O objetivo deste trabalho foi analisar o processo de desertificação nos municípios do Cariri oriental Paraibano no período de 1999 a 2019 com bases indicadores biofísicos e dados sobre a vulnerabilidade econômica. A pesquisa foi realizada a partir de levantamento bibliográfico do tema; observação de imagens dos satélites Landsat 5 TM e Landsat 8 ETM+ do período de 1999 a 2019 para confecção dos produtos: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), Albedo da Superfície e TGSÍ (Topsoil Grain Size Index) o tratamento foi no “*software*” Arcgis10.2; dados do IBGE sobre o censo agropecuário e o extrativismo vegetal; também foi realizado estudo *in loco* nos municípios de Barra de São Miguel, Boqueirão e Cabaceiras para validação dos produtos. Os resultados apontaram para uma redução da cobertura vegetal, e, que essa redução se mostra nos valores de NDVI baixo e os valores de TGSÍ elevados, assim como foram os de Albedo da superfície. Conclui-se que durante o período de análise a cobertura vegetal vem sendo retirada de forma significativa para diversos fins.

Palavras-chave: Fenômeno complexo, Agroindústria, Desertificação

ABSTRACT

The desertification process is understood as a complex phenomenon of reduction of soil edaphic properties, resulting in multiple problems in the food production of populations. The objective of this work was to analyze the desertification process in the municipalities of Cariri oriental Paraibano from 1999 to 2019 with biophysical indicator databases and data on economic vulnerability. The research was carried out based on a bibliographic survey of the theme; observation of images of landsat 5 TM and Landsat 8 ETM+ satellites from 1999 to 2019 for product production: Normalized Difference Vegetation Index (IVDN), Surface Albedo and TGSÍ (Topsoil Grain Size Index) the treatment was in the “*software*” Arcgis10.2, ; IBGE data on agricultural sense and extractivism vegetable; an on-site study was also carried out in the municipalities of Barra de São Miguel, Boqueirão and Cabaceiras to validate the products. The results pointed to a reduction in vegetation cover, and that this reduction is shown in low NDVI values and high TGSÍ values, as were albedos of the surface. It is concluded that during the analysis period the vegetation cover has been removed significantly for various purposes.

Keywords: Complex Phenomenon, Agroindustry, Desertification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização dos municípios de Barra de São Miguel-PB, Boqueirão-PB e Cabaceiras-PB.....	17
Figura 2- Vista da caatinga e do rebanho caprino e ovino no período de estiagem.....	30
Figura 3- Vista da vegetação dos municípios de Boqueirão e Barra de São Miguel.....	38
Figura 4- Carta temática do índice de Vegetação da diferença Normalizada.....	39
Figura 5- Valores de TGSÍ dos municípios de: Barra de São Miguel, Boqueirão e Cabaceiras.....	41
Figura 6- Frequência de pixels para os valores de Albedo corrigido.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de Radiância Espectral em: $W / (m^2.sr. \mu m)$	21
Tabela 2. Radiância solar espectral no topo da atmosfera produtos Landsat 5.....	22
Tabela 3. Valores do arquivo metadados.....	23
Tabela 4. Valores de calibração de radiância Landsat 5.....	25
Tabela 5. Rebanhos dos municípios de Boqueirão, Barra de São Miguel e Cabaceiras na Paraíba–2004-2018.....	29
Tabela 6. Produção agrícola de Boqueirão, Barra de São Miguel e Cabaceiras – PB, 2004-2018.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Produção de carvão vegetal do município de Cabaceiras-PB.....	32
Gráfico 2. Produção de lenha do município de Cabaceiras-PB.....	33
Gráfico 3. Produção carvão vegetal do município de Boqueirão-PB.....	33
Gráfico 4. Produção de lenha do município de Boqueirão-PB.....	34
Gráfico 5. Produção de carvão vegetal do município de Barra de São Miguel-PB.....	34
Gráfico 6. Produção de lenha do município de Barra de São Miguel-PB.....	35
Gráfico 7. Variação Temporal das Classes de Cobertura do Solo.....	40
Gráfico 8. Frequência de pixels para os valores de albedos corrigido.....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	11
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	11
1.3.3 <i>Justificativa</i>	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 <i>Desertificação</i>	11
2.2 <i>NDVI, albedo (α) e TGSi na análise do processo de desertificação</i>	15
3. METODOLOGIA.....	17
3.1 <i>Área de estudo</i>	17
3.2 <i>Aspectos fisiográficos</i>	18
3.3 <i>O Método</i>	19
3.4 <i>Processamentos das Imagens Landsat 5 – TM</i>	20
3.5.1 <i>Radiância Espectral ($L_{\lambda i}$)</i>	20
3.5.2 <i>Reflectância Monocromática do Topo da Atmosfera ($\rho_{\lambda i}$)</i>	21
3.6.0 <i>Processamento das Imagens Landsat 8 – OLI</i>	22
3.6.1 <i>Conversão Radiância Espectral toa (L_{λ})</i>	22
3.6.2 <i>Conversão Refletância Planetária toa (p_{λ})</i>	23
3.7.0 <i>Albedo Landsat 5</i>	24
3.7.1 <i>Albedo Landsat 8</i>	26
3.8.0 <i>Índice de Vegetação da diferença Normalizada (NDVI)</i>	26
3.9.0 <i>Índice do Tamanho do Grão Superficial (TGSi)</i>	27

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 <i>Produção agropecuária.....</i>	<i>29</i>
4.2 <i>Identificações dos impactos ambientais e os efeitos da degradação sobre o ecossistema da Caatinga local.....</i>	<i>31</i>
4.3 <i>Análise da dinâmica de uso e ocupação do solo e do processo de desertificação.....</i>	<i>35</i>
4.4 <i>Verificação da cobertura do solo através do TGSÍ.....</i>	<i>40</i>
4.5 <i>Análise da cobertura vegetal com base no Albedo (α).....</i>	<i>41</i>
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

A degradação da cobertura vegetal e dos solos têm importância fundamental para a sociedade, pois é nela que constituem a base das atividades humanas, principalmente da agropecuária, responsável pela produção de alimentos e sustento das populações e de matérias-primas para agroindústria. A carência de nutrientes nos solos por erosão e pelo empobrecimento de suas propriedades edáficas são exaustivamente colocadas como preocupação de governos e dos cientistas de diversos campos de estudos que tratam da temática do meio ambiente. Nas áreas com ecossistemas frágeis ou vulneráveis um dos problemas de maior destaque e alvo de ações nas últimas décadas é o processo de desertificação.

Vale ressaltar que o uso excessivo da cobertura vegetal associado ao manejo inadequado tem contribuído para o processo de degradação elevado. Desta forma, é saliente compreendermos que as práticas predatórias exercidas pela ação humana aliada as características climáticas da região têm favorecido ao processo de degradação ao nível máximo, acarretando assim, o processo de perda das propriedades edáficas do solo.

A desertificação é entendida como a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, como as variações climáticas e as atividades humanas” (UNCCD, 1994, p. 13). De acordo com o conceito estabelecido pelas Nações Unidas, a desertificação é compreendida como a degradação das terras em ambientes específicos, e resultantes de vários fatores. Onde os principais propulsores deste processo são as ações climáticas, ou seja, o clima como principal elemento regulador deste evento físico, na outra vértice estão as ações humana, que embora pareça ser menosprezada tem papel fundamental na proliferação da desertificação.

A região do Cariri paraibano é uma das mais susceptíveis a este processo na Paraíba. A ação humana condicionada com o clima semiárido tem proporcionado ao ecossistema (Caatinga) um processo de degradação de seus recursos muito intensa, principalmente no que diz respeito aos solos, recursos hídricos e a cobertura vegetal.

Os municípios do Cariri Oriental paraibano todos têm uma forte propensão a desertificação, pois estão inseridos em uma região de clima semiárido e tem seus históricos um intenso extrativismo vegetal e mineral, pecuária bovina e caprina, e agricultura de subsistência. Tais atividades são altamente danosas ao solo, pois são responsáveis por causar a compactação do

solo e provocar erosões nos períodos de chuvas. Deste modo, a antropização vem fomentando o processo de desertificação no Cariri Oriental paraibano.

1.1 OBJETIVOS

1.2.1 *Objetivo geral:*

Analisar o processo de desertificação nos municípios do Cariri oriental Paraibano no período de 1999 a 2019; tendo como base indicadores biofísicos e dados socioeconômicos sobre a vulnerabilidade dos municípios estudados.

1.2.2 *Objetivos específicos:*

- Identificar os impactos ambientais e os efeitos da degradação sobre o ecossistema da Caatinga local;
- Verificar a cobertura do solo através dos indicadores ambientais;
- Analisar a cobertura vegetal com base no Albedo (α).

1.3.3 *Justificativa*

A pesquisa justificou-se porque o processo de desertificação atinge 84,14% do território paraibano, em nível médio e alto (ARAÚJO e LIMA, 2019), sendo o Cariri Oriental uma das áreas mais afetadas pela degradação das terras, onde em todos os municípios são encontradas áreas em processo de desertificação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desertificação

A desertificação é uma problemática que possui múltiplas faces na qual atinge zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, a mesma, é resultante de diversos aspectos, podendo ser de alterações climáticas, impactos antrópicos e fenômenos biofísicos. A desertificação e suas causas são processos dinâmicos, o que torna necessário discutir os fatores que impulsionam a desertificação em um sentido espaço-temporal específico (ZHANG et al. 2020). Nesse contexto, Lopes e Soares (2015), ressaltam que a desertificação é um processo de fragilidade dos ecossistemas de terras secas em geral que, em decorrência da pressão excessiva exercida pelas populações humanas, perde sua produtividade e capacidade de regenerar-se. Ou seja, a terra perde seu poder natural de resiliência. Esse processo pode tornar-se irreversível quando culmina em níveis mais alto de desertificação, que é a degradação persistente dos ecossistemas das terras devido às intervenções antrópicas (VARGHESE; SINGH, 2016). A desertificação se manifesta quando os recursos terrestres e hídricos são degradados além de certos limites (KARAVITIS *et al.*, 2020).

Portanto, a degradação das terras é um processo complexo que resulta na redução progressiva da capacidade de prestação de serviços do ecossistema por terras agrícolas, pastagens e florestas (SMIRAGLIA *et al.*, 2016). Para Sá et al. (2017) a desertificação é o resultado da utilização inapropriada da terra. Os mesmos autores ainda citam quatro atividades humanas propulsoras do processo de desertificação que seriam elas: o cultivo excessivo, que desgasta os solos, o sobrepastoreio, o desmatamento que faz com que perca a cobertura vegetal deixando o solo exposto à erosão, e a agricultura por irrigação em locais inadequados causando assim a salinização dos solos. A desertificação é um processo essencialmente social, por isso ele é passível de ser combatido e revertido. Uma área desertificada pode ser recuperada. Não se pode correlacionar as áreas desertificadas com os desertos naturais. Os desertos naturais se formaram durante milhares de anos devido a longos períodos de mudanças climáticas do planeta, e é praticamente impossível conceber ao homem fazer a reversão desse processo natural. A desertificação não se refere à criação e/ou expansão dos desertos existentes. Ela sucede porque os ecossistemas das terras áridas, que cobrem um terço do total das terras, é extremamente vulnerável a exploração e ao uso inapropriado da terra. A pobreza, a instabilidade política, o desmatamento e práticas incorretas de irrigação podem minar a fertilidade das terras (BARBOSA, 2012).

A desertificação surge da fragilidade de ecossistemas constituídos das terras secas, que, sob uma excessiva pressão da atividade humana ou mudanças no uso da terra, causa perda em produtividade e na habilidade de recuperação da cobertura original (DUARTE,2008). De forma geral as causas da desertificação no Brasil e no mundo não diferem, onde quase sempre se referem ao uso inapropriado dos recursos, as práticas inapropriadas da utilização do solo e principalmente os modelos de desenvolvimento imediatistas. Uma precisa definição de desertificação é difícil por existirem diferentes opiniões sobre os impactos de desertificação. Perante este conjunto de complexidade, pode-se dizer que combater a desertificação implica desenvolver ações que controle e previna o avanço do processo de desertificação, quando possível recuperar áreas degradadas para o uso produtivo. Combater a desertificação implica influir no comportamento social, econômico e político da sociedade. É importante esclarecer que a desertificação não deve ser vista como um processo de mudança capaz de se tornar num deserto (PATRÍCIO, 2017).

A desertificação manifesta-se constante e diacronicamente como uma das questões ambientais mais críticas a serem enfrentadas e mitigadas pela sociedade (KARAVITIS et al., 2020). Nesta perspectiva, Silva e Oliveira (2017) salientam que a desertificação é resultante da combinação de condicionantes naturais, climáticas e socioeconômicas, e das formas como são utilizados os recursos naturais, principalmente o uso agrícola e o desenvolvimento rural. Segundo Sá et al. (2015) as atividades humanas nas regiões onde a maior parte dos recursos econômicos são oriundos da atividade agrícola os solos tornam-se mais vulneráveis a perda de suas propriedades edáficas devido o manejo inadequado.

O estudo da desertificação no Brasil ganhou espaço desde a década de 1970, e vários pesquisadores apontam evidências de sérios prejuízos à população que habitam locais em que a erosão e o aumento das atividades antrópicas propiciam formações de áreas cada vez mais improdutivas e desertificadas (MMA, 2004). Para Silva e Oliveira (2017) a degradação das terras e a desertificação tem se configurado como um dos mais graves problemas no semiárido do Nordeste do Brasil, produzindo instabilidades diversas nos sistemas ambientais, através da junção de vários fatores, sobretudo o da semiaridez.

A degradação da terra é um fenômeno complexo que reduz a fertilidade do solo, a cobertura vegetal e os recursos hídricos. O mau uso da terra é um dos fatores de influência associados ao risco de desertificação (WIJTKOSUN, 2015). A desertificação pode ser entendida como um caso extremo de degradação caracterizado pela redução biológica e

econômica da produtividade da terra (LANCHIM et al., 2016). De acordo com Santos e Aquino (2015), nestas regiões as alterações climáticas associadas às práticas humanas de modo desajustado podem acelerar o processo de degradação das terras. A desertificação deve ser entendida como resultado de um processo longo de degradação das terras (PATRÍCIO, 2017).

O primeiro evento importante para tratar da desertificação foi organizado pela Organização das Nações Unidas – ONU e ocorreu em Nairóbi, no Quênia, em 1977; tendo sido denominado como a Conferência de Nairóbi. A Conferência de Nairóbi teve papel fundamental no processo de combate à desertificação mundial e com ela veio os primeiros resultados, principalmente no que diz respeito a: a) Consolidação mundial do tema; b) Introdução das regiões com climas áridos e semi-áridos no cenário das discussões, revisitando a necessidade de tratar os problemas de pobreza e meio ambiente pela comunidade internacional e c) Criação do Plano de Ação Mundial contra a Desertificação (MMA, 2010, p. 1).

A Paraíba é um dos Estados do Nordeste Brasileiro mais acometidos pelo fenômeno da desertificação, pois possui 84,14% do seu território inserido na região Semiárida, sendo esta susceptível ao processo de desertificação. Pesquisas de ALVES et al., 2009; CARDOSO e ARAÚJO, 2015 apontam que as áreas afetadas estão em um estágio muito grave de degradação das terras; isto decorre do modelo de exploração (e degradação) dos recursos naturais, modelo este instalado desde o período colonial e, que trouxe consequências danosas ao meio ambiente.

O interior Paraibano em especial o Cariri Oriental é uma das regiões mais afetadas pelo processo de degradação ambiental. O processo de ocupação destas terras teve seu início no período do Brasil colônia, na época era necessário a expansão da pecuária para os “sertões”, pois, o litoral já era dominado pela cana-de-açúcar. Portanto, com essa expansão da pecuária e das atividades antrópicas vêm fomentando o processo de degradação da cobertura vegetal desta região tão importante do Estado da Paraíba. O Cariri Paraibano é reconhecido nacionalmente como à terra da caprinocultura. Têm municípios que são reconhecidos por sua representatividade cultural, como é o caso de Cabaceiras que tem em sua cultura diversos eventos festivos relacionados a cultura do bode. No entanto, a pecuária, assim como a caprinocultura são atividades de uma relevância econômica de grande importância local e regional. Contudo, é extremamente importante entendermos que tais atividades são altamente degradantes ao meio ambiente e ao bioma caatinga. O modo como é desenvolvida a atividade caprinocultora na região é extensiva, ou seja, sem as medidas adequadas para proteção e conservação da flora existente. É saliente sabermos que as mandíbulas do bode, não apenas

“aparam” a vegetação, como também conseguem revolver a vegetação do solo graças ao seu sistema de mandíbulas “diferenciado”. Bem como também provocam o pisoteamento do solo facilitando os processos erosivos, assim como vem contribuindo para o aumento do solo exposto com a remoção da cobertura vegetal. Deste modo, é de tamanha relevância o desenvolvimento das atividades econômicas que visem a conservação do bioma caatinga para que possa assim alcançar o desenvolvimento sustentável.

2.2 NDVI, albedo (α) e TGSi na análise do processo de desertificação

Nas últimas décadas, a percepção de desertificação vem sendo correlacionada com a perda das propriedades edáficas do solo. Tais impactos são resultados das ações das atividades humanas. Mediante a seguinte problemática, diversos estudos produzidos através do uso do sensoriamento remoto com diferentes indicadores como o índice de vegetação (IVDN), Albedo (α) e o TGSi têm mostrado resultados exemplares com estudos em desertificação (PATRÍCIO, 2017).

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é um dos índices amplamente aplicado para avaliar as condições da vegetação (ZHANG et al., 2004). É um indicador numérico simples que pode ser usado por medições remotas (PATRÍCIO, 2017). Este índice fornece uma estimativa grosseira da vegetação (LAMCHIN et al., 2016). O NDVI foi proposto primeiramente por Tucker (1979) com o intuito de mapear a variação espacial e temporal na vegetação, sendo também empregado como um indicador de mudança de cobertura do solo. A textura do solo está intrinsecamente relacionada com a degradação das terras, e muitos estudos apontam que o manejo inadequado do solo e o sobrepastoreio têm influências negativas, levando muitas áreas ao risco de desertificação (PATRÍCIO, 2017). De acordo com Ren et al. (2015), o sobrepastoreio pode intensificar a diminuição da vegetação e a degradação das terras como também pode acelerar a erosão eólica do solo e resultar em um solo arenoso. O teor de areia de uma área muito utilizada para a agricultura é mais elevado do que a média (ZHAO et al., 2005).

Para Lamchin et al. (2016), o engrossamento da camada superficial do solo é um sinal visível da degradação da terra causada pelas atividades antrópicas; assim, a composição granulométrica do solo pode ser usada como um potencial indicador. Dessa forma, é possível monitorar o processo de desertificação pela mudança na textura do solo superficial. O TGSi - Índice de textura do solo (Sigla Inglês - Topsoil Grain Size Index) foi proposto inicialmente

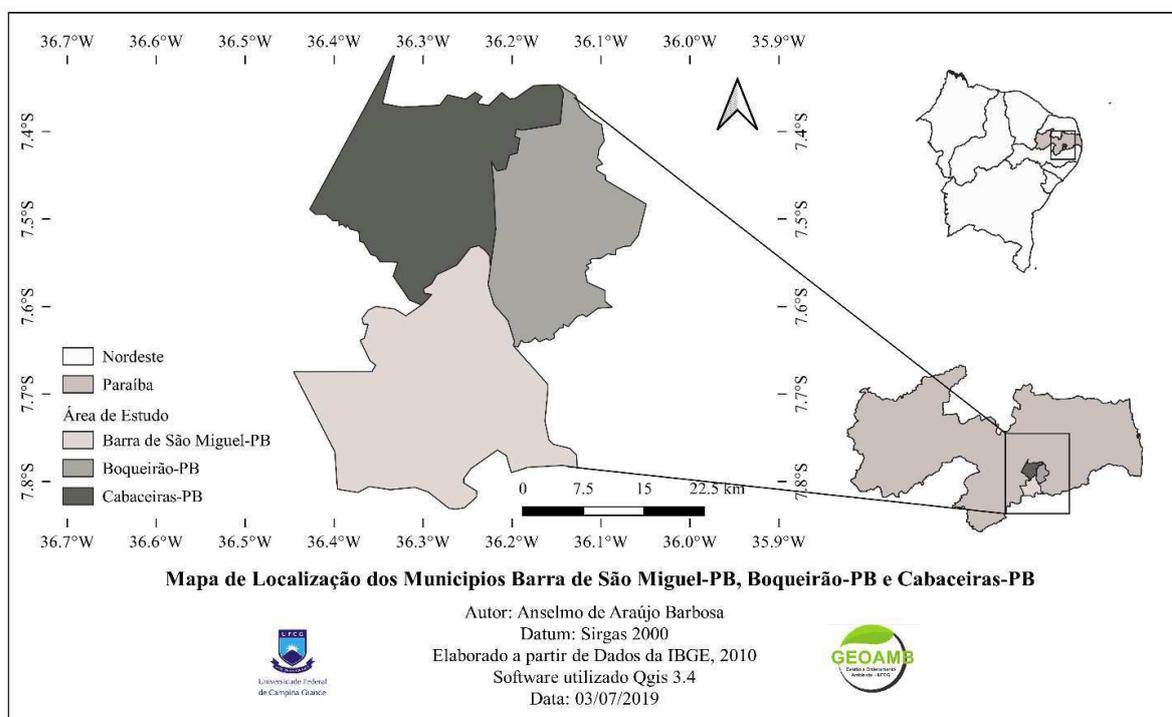
por Xiao et al. (2006), Hadeel et al. (2011) e Lamchin et al. (2016), em áreas da Mongólia interior da China e sul do Iraque, para detectar o grau de desertificação através da textura do solo. Os resultados obtidos pelo TGSÍ parecem promissores. O TGSÍ negativo indica área coberta por vegetação e positivo representa areia grossa (XIAO et al., 2006; HADEEL et. al., 2010). Este índice só é aplicável para as áreas nuas ou vegetação escassa (LAMCHIM et. al., 2016), tais características são facilmente encontradas na região de estudo. Um dos indicadores do processo de desertificação é a redução da cobertura vegetal, aliada a essa mudança está a degradação do solo. Essas condições tendem a aumentar o albedo da superfície terrestre (SILVA et al., 2010). Entre as propriedades físicas terrestres, destaca-se ainda o albedo, que caracteriza a capacidade que os corpos têm de refletir a radiação solar (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A área de estudo abrange os municípios Barra de São Miguel, Boqueirão e Cabaceiras, inseridos na Região Geográfica Imediata de Campina Grande-PB (IBGE,2017) Figura 1. Cabaceiras tem como coordenadas geográficas: 7° 29' 20" S e 36° 17' 14", Barra de São Miguel: 7° 45' 04" S e 36° 19' 05" W e Boqueirão: 8° 25' 35" S e 36° 08' 36" W (AESA, 2015). A população do município de Cabaceiras - PB em 2010 era de 5 035 habitantes, dos quais 2 217 habitavam a zona urbana e 2 818 a zona rural e a densidade demográfica de 11,12 hab./km². Barra de São Miguel possuía, em 2010, uma população de 5 611 habitantes, dos quais 2 364 habitavam na zona urbana e 3 247 na zona rural e a sua densidade demográfica era de 9,43 hab./km². Boqueirão apresenta uma população de 16 888 onde 12 006 residem na zona urbana e 4 882 vivem na zona rural e sua densidade demográfica é de cerca de 45,40 hab./km². Em 2010 a população dos três municípios totalizava 27 534 habitantes, numa área de 1.420,11 km², com mais de 35% da população vivendo na zona rural (IBGE, 2010).

Figura 1- Localização dos municípios de Barra de São Miguel-PB, Boqueirão-PB e Cabaceiras-PB



Fonte: Anselmo de Araújo Barbosa, 2019.

Boa parte da região do Cariri Paraibano está posta na bacia hidrográfica de contribuição para o açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), que apresenta a montante duas bacias contribuintes, a do rio Paraíba e a do rio Taperoá que corta o município de Cabaceiras. De acordo com a classificação climática de Köppen (1928), o clima da região de estudo é do tipo semiárido quente (Bsh), que está intrinsecamente influenciado pela barreira orográfica do planalto da Borborema, que desencadeia na região uma perda de umidade, em consequência da condensação e do aumento da pressão (MARQUES et al., 2017.) A temperatura média mensal do mês mais frio é superior a 18°C, onde a estação chuvosa ocorre entre os meses de janeiro, abril e a precipitação média anual é inferior a 600 mm. Por estar localizada em uma região a sotavento as massas de ar frio não chegam à região, provocando longos períodos de estiagens. As chuvas dessa região são caracterizadas por serem de curta duração com grande intensidade, causando muita influência nos cultivos e no desenvolvimento de processos erosivos (ALVES; AZEVEDO, 2013).

3.2 Aspectos fisiográficos

O Cariri Oriental paraibano se encontra inserido no semiárido brasileiro. A região semiárida do Brasil tem uma extensão de 969 589 km² e abrange 70% do território do Nordeste e 63% de sua população. De acordo com Duque (2006), a desertificação já é um fato em grande parte do semiárido nordestino, com cerca de 180 000 km² desertificados e outros 650.000² ameaçados. O Cariri Oriental é mais seco que o Cariri Ocidental apresenta solos rasos e pedregosos, bem degradado pela pecuária, uma das principais atividades econômicas, o que torna esta área bastante vulnerável ao processo de desertificação (ARAÚJO e BARBOSA, 2018).

No tocante aos aspectos geológicos, os municípios estudados caracterizam-se por estarem inseridos na estrutura geológicas da mesorregião da Borborema, onde se destaca o complexo granito-gnáissico Pernambuco-Alagoas. O referido embasamento é cristalino de idade pré-cambriana. De acordo com Pires (2009), esta área tem como peculiaridade a impermeabilidade fazendo com que ocorra um maior escoamento superficial. Com relação à geomorfologia, o relevo dos municípios apresenta-se predominantemente suave ondulado e ondulado com vales profundos e estreitos dissecados (CPRM, 2005).

Na área dos municípios são encontrados basicamente três classes de solos dentre os quais destacam-se: Neossolo Litólico – ocorrendo em toda região do semiárido, principalmente

nas áreas de maior declividade, onde são encontrados muitos afloramentos rochosos. Tais solos são muito rasos, não hidromórficos, apresentam apenas um horizonte A, assentado diretamente sobre a rocha R; Vertissolos – são solos com séria restrição a percolação de água, com 30% ou mais de argila ao longo do perfil, que apresentam expressa mudança de volume, de acordo com a variação do teor de umidade (OLIVEIRA et al., 1992); Luvisolos - são solos rasos e pouco profundo, com horizonte B, e textura de cores vivas e argila de atividade alta, apresentando horizonte A fraco, de cor clara e com revestimento pedregoso. São altamente suscetíveis aos processos erosivos, em virtude da grande diferença textural entre o horizonte A e o horizonte Bt e da atividade das argilas (EMBRAPA, 2014; RIBEIRO et al., 2009).

No que se refere a vegetação, domina a Caatinga Hiperxerófito, a maioria das plantas desta região perdem suas folhas e flores para reduzir o consumo d'água nos períodos de estiagens, renovando-as no período de chuvas (LEAL et al., 2005). As atividades agrícolas desenvolvidas na região dependem da estação chuvosa, a maior parte da produção é de autoconsumo em condição de sequeiro. As principais lavouras temporárias são: milho, feijão e batata-doce, os permanentes: banana, coco-da-baía, manga, maracujá e goiaba (PATRÍCIO, 2017). A principal atividade de destaque na economia da região é a pecuária, principalmente de caprinos (IBGE, 2015).

3.3 O Método

A pesquisa foi realizada através do método hipotético-dedutivo que de acordo com Popper, toda investigação tem origem num problema, cuja solução envolve conjecturas, hipóteses, teorias e eliminação de erros; por isso, Lakatos e Marconi (2007) afirmam que o método de Popper é o método de eliminação de erros. O método hipotético-dedutivo foi definido por Karl Popper a partir de críticas à indução, expressas em “A lógica da investigação científica”, obra publicada pela primeira vez em 1935 (GIL, 2008). Teve como enquadramento metodológico a pesquisa descritiva com base no levantamento de artigos, e de documentos (relatórios, mapas, artigos, teses, dissertações etc.), principalmente sobre o tema da desertificação de ordem teórica e aplicada. Foram observadas as imagens de satélite Landsat 5 TM e Land 8 ETM+, do período de 1999 a 2019, no “*software*” Arcgis10.2 para tratamento e manipulação das mesmas. Em seguida foi feito um estudo de campo para comprovação dos dados obtidos nas imagens de satélite.

3.4 Processamentos das Imagens Landsat 5 – TM

As imagens Landsat 5 - TM, obtidas junto ao Serviço Geológico Americano (USGS), foram manipuladas seguindo os parâmetros metodológicos de Jensen (2009), para reduzir a probabilidade de erros nos cálculos dos produtos espectrais se faz necessário a correção dos efeitos atmosféricos de espalhamento e absorção. Esses efeitos são conhecidos como atenuação que interfere na incidência da radiação eletromagnética na atmosfera. Nesse sentido, os sinais processados por sensores remotos sofrem alterações ao interagir com gases e elementos presentes na atmosfera, essas alterações causam deformações nas leituras e processamentos de números reais.

Mediante a esse fator, para cálculos mais precisos se faz necessário a correção das bandas dos satélites através do processo de conversão de números digital (ND) para valores de radiância espectral ($L_{\lambda i}$) técnica conhecida como: calibração radiométrica. Na (equação 01) está em evidencia a conversão de números digitais (ND) em radiância espectral ($L_{\lambda i}$). Para correção das bandas optou-se seguir o procedimento proposto por Chander & Markham (2003). O procedimento de correção atmosférica está pautado em três etapas metodológicas de cálculos, são elas: conversão de números digitais (ND) para valores de radiância espectral ($L_{\lambda i}$), reflectância monocromática do topo da atmosfera ($\rho_{\lambda i}$) e a obtenção dos valores que corresponde a distância quadrática relativa (dr) entre a terra e sol.

3.5.1 Radiância Espectral ($L_{\lambda i}$)

Na equação 1 o parâmetro ($L_{\lambda i}$) corresponde a radiância espectral dada em W/ (m².sr. μm). (Qcal) é a cena da banda propriamente dita, que contém a matriz de números digitais. (*Grescale e Brescale*) são fatores comuns para uma correta calibração da radiância espectral associada aos produtos Landsat 5. Na (tabela 01) está em evidencia os valores de radiância espectral sugeridos por Chander; Markham, (2003) para o Landsat 5.

$$L_{\lambda i} = Grescale * QCaL + Brescale \quad (\text{Eq. 1})$$

Tabela 1. Valores de Radiância Espectral em: W/(m².sr. μm)

Canais	valores até maio de 2003		valores após 5 de maio de 2003	
	G _{rescale}	B _{rescale}	G _{rescale}	B _{rescale}
1	0,602431	-1,52	0,762824	-1,52
2	1,175100	-2,84	1,442510	-2,84
3	0,805765	-1,17	1,039880	-1,17
4	0,814549	-1,51	0,872588	-1,51
5	0,108078	-0,37	0,119882	-0,37
6	0,055158	1,2378	0,055158	1,2378
7	0,056980	-0,15	0,065294	-0,15

Fonte: Chander; Markham, (2003).

Desta forma, configurou-se duas expressões com correção para radiância espectral. A parametrização adaptou-se as seguintes fórmulas:

1. Para os produtos de 1999:

$$L_{\lambda i} = 0,814549 * \text{raster canal 4 de 1999} + -1,51 \text{ (Eq 02)}$$

$$L_{\lambda i} = 0,805765 * \text{raster canal 3 de 1999} + -1,17 \text{ (Eq 03)}$$

2. Para os produtos de 2009:

$$L_{\lambda i} = 0,872588 * \text{raster canal 4 de 2009} + -1,51 \text{ (Eq 04)}$$

$$L_{\lambda i} = 1,039880 * \text{raster canal 3 de 2009} + -1,17 \text{ (Eq 05)}$$

3.5.2 Reflectância Monocromática do Topo da Atmosfera($\rho_{\lambda i}$)

De acordo com Chander e Markham (2003) calcula-se os valores de reflectância monocromática seguindo a equação 6, a seguir.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi * L_{\lambda i}}{ESSUM * \cos Z * dr} \quad \text{(Eq 06)}$$

O parâmetro (π) Corresponde ao valor da circunferência da área dado em PI. ($L_{\lambda i}$) são os valores de radiância espectral obtidos nas (equações 02,03,04 e 05). O atributo de ponderação (ESSUM) são valores de irradiância solar, na (equação 06), esses valores foram aplicados conforme a sugestão de Chander; Markham, (2003). Para áreas com alta incidência de radiação solar (tabela 02) O parâmetro (Z) corresponde ao ângulo zenital do sol. Nos cálculos da distância relativa terra – sol usou -se a seguinte parametrização na (equação 07)

Tabela 2. Radiância solar espectral no topo da atmosfera produtos – Landsat 5

Canais	$K\lambda i$ (Wm-2 μ m-1)
1	1957
2	1826
3	1554
4	1036
5	215,0
6	Canal Termal = 0
7	80,67

Fonte: Chander e Markham, (2003).

$$dr = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DOA2\pi}{365}\right) \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que: O parâmetro (DOA) corresponde ao dia do ano em sua respectiva ordem.

3.6.0 Processamento das Imagens Landsat 8 – OLI

Buscando uma correção precisa e eficaz optou-se seguir o procedimento de correções adotado pela USGS para os produtos Landsat 8 descrito no site: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>. A correção compreende a conversão dos números digitais para radiância e refletância do topo da atmosfera (TOA).

3.6.1 Conversão Radiância Espectral toa ($L\lambda$)

Segundo a USGS (2020) aplica-se a equação 8 para obtenção dos valores de radiância espectral. Nesse sentido, as bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e a banda 10, correspondente ao canal termal, do Landsat 8 passa pelo processo de calibração radiométrica.

$$L\lambda = ML * QCAL + AL \text{ (Eq. 8)}$$

Em que ($L\lambda$) corresponde a radiância espectral, os seus valores são estimados em: Watts / m²*srad*µm. (ML) são valores multiplicativos de Radiance Mult Band. Esses valores estão disponíveis nos arquivos metadados (tabela 03). Os números das bandas propriamente ditam abrange o fator: ($QCAL$). Os valores da radiância aditiva de cada banda corresponde ao parâmetro (AL).

Tabela 3. Valores do arquivo metadados

Landsat 8	10/2019 ML	10/2019 AL
Banda 2	1.2994E-02	-64.96854
Banda 3	1.1974E-02	-59.86795
Banda 4	1.0097E-02	-50.48403
Banda 5	6.1787E-03	-30.89371
Banda 6	1.5366E-03	-7.68298
Banda 7	5.1792E-04	-2.58958
Banda 10	3.3420E-04	0.10000

Fonte: Remote Pixel. (2020). Elaborado por Magdiel Bezerra, 2020.

3.6.2 Conversão Refletância Planetária toa ($p\lambda$)

De acordo com Jensen (2009), a refletância planetária constitui uma importante técnica de correção pois elimina os efeitos das deformações das variáveis de distância entre a terra e sol. A refletância pode ser calculada conforme a (equação 09) sugerida pela (USGS 2020). Ainda conforme o autor citado, se faz necessário remover os efeitos do ângulo zenital para obter valores de refletância com correções precisas. Nesse caso, corrige-se o ângulo solar ao centro da cena conforme a (equação 10) sugerida pela (USGS 2020).

$$\rho\lambda = Mp * Qcal + Ap \text{ (Eq. 9)}$$

Dada a equação, o parâmetro (Mp) corresponde aos valores multiplicativos de refletância da banda disponível no arquivo metadados. ($Qcal$) são valores comuns dos pixels das cenas e (AP) são fatores de redimensionamento aditivo de cada banda contido no arquivo metadados. Nos cálculos de refletância planetária MP e AP possuem valores iguais para todas as bandas do Landsat 8. Então, $MP = 2.0000E-05$ e $AP = -0.100000$.

Os cálculos de refletância TOA com correção para o ângulo do sol efetuou-se conforme a (equação 10). De acordo com USGS (2020) ($\rho\lambda$) é a refletância planetária (θ_{se}) corresponde ao ângulo de elevação local do sol ao centro da cena. Ressalta-se que esse valor é dado em graus, está contido no arquivo metadados corresponde ao valor de: 66.00604265. O parâmetro (θ_{se}) corresponde ao ângulo zenital solar local.

$$\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{se})} \quad (\text{Eq. 10})$$

3.7.0 Albedo Landsat 5

Allen et al. (2002) afirmam que o albedo é definido como emissão de ondas curtas incidentes refletidas. O albedo do topo da atmosfera (α_{toa}) é classificado como o albedo que não possui correção para cálculos de transmissividade atmosférica. Para o Landsat 5 pode ser obtido pela adição subsequente de valores de refletâncias monocromática conforme a (equação 11).

$$\alpha_{toa} = \sum(\omega\lambda * \rho\lambda) \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde, α_{toa} é o albedo planetário; $\rho\lambda$ corresponde refletância das bandas; e o parâmetro $\omega\lambda$ corresponde a um coeficiente absoluto de ponderação de cada banda. De acordo com Allen et al. (2002) os seus valores são obtidos através da (equação 12).

$$\omega\lambda = \frac{ESUN\lambda}{\sum ESUN\lambda} \quad (\text{Eq. 12})$$

O parâmetro ($ESUN\lambda$) corresponde a valores de radiância média para cada banda sugeridos e adaptados por Chander e Markham (2009). Os valores e o intervalo do espectro estão disponíveis na tabela 04.

Tabela 4. valores de calibração de radiância Landsat 5

Landsat 5	Intervalo espectral μm	LMINλ W/ (m² srμm)	LMAXλ	ESUNλ
Banda 1	0,452 - 0,518	-1,52	193	1983
Banda 2	0,529 - 0,609	-2,84	365	1796
Banda 3	0,654 - 0,693	-1,17	294	1536
Banda 4	0,776 - 0,905	-1,51	221	1031
Banda 5	1,567 - 1,784	-0,37	30,2	220,0
Banda 6	10,45 - 11,435	1,2378	15,3032	
Banda 7	2,097 - 2,223	-0,15	16,5	83,44

Fonte: Chander Markham (2009)

O procedimento final consiste no cálculo de albedo da superfície (α), que é o albedo com correções de transmissividade atmosférica. Para Allen et al., (2002) esses cálculos são obtidos de acordo com (equação 13).

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_{path_radiance}}{\tau_{sw}^2} \quad (\text{Eq 13}).$$

Na presente equação, α_{toa} é o albedo planetário do topo da atmosfera sem correção da transmissividade; $\alpha_{path_radiance}$ corresponde a fração de radiação que retorna para o sensor do satélite antes de alcançar a atmosfera. Para Allen et al. (2002) esses valores estão sujeitos a variações de 0,04 e ,025, na equação em evidência, utilizou-se o valor sugerido por Bastiaanssen et al. (2000) de 0,03. O parâmetro τ_{sw}^2 corresponde a transmissividade atmosférica elevada ao ². Para Allen et al. (2002) esses valores podem ser computados pela (equação 14).

$$\tau_{sw}^2 = 0,75 + 2 * 10^{-5} z \quad (\text{Eq 14})$$

Onde, Z corresponde a valores de altitude em relação ao nível do mar dado em m. para obtenção desses valores utilizou-se *rasters* de altimetria SRTM disponível no site: <https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/relevobr/download/go/go.htm>.

3.7.1 Albedo Landsat 8

Para o Landsat 8, o procedimento de cálculo de albedo planetário (α_{toa}) está pautado em Chander (2009). Para o cálculo, conforme a (equação 15) soma-se as bandas do sensor OLI de 2 a 7 com coeficientes de peso que são valores de refletância ($\omega\lambda$) sugeridos pelo autor citado.

$$\alpha_{toa} = \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 \rho_5 + \rho_6 + \rho_7 \text{ (Eq 15)}$$

Com a adaptação dos os valores de ($\omega\lambda$) a equação se transforma para a seguinte parametrização: conforme mostra a equação 16

$\alpha_{toa} = 0,300\rho_2 + 0,276\rho_3 + 0,233\rho_4 \ 0,143\rho_5 + 0,035\rho_6 + 0,012\rho_7$ (Equação 16 adaptada aos valores de ($\omega\lambda$). Os cálculos e os Procedimentos de albedo corrigido (α) e transmissividade atmosférica (τ_{sw}^2) são semelhantes ao Landsat 5. Estão em evidencia nas (equações 13 e 14).

3.8.0 Índice de Vegetação da diferença Normalizada (NDVI)

De acordo com Allen *et al.* (2002) o índice NDVI é a razão das diferenças de refletividade do canal do infravermelho próximo e do vermelho visível. Dessa forma, com todas as bandas corrigidas. Os seus valores são obtidos conforme a (equação 17).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \text{ (Eq 17)}$$

Onde, na equação 17, para os produtos do Landsat 8. NIR = canal 5, sensor OLI. RED = canal 4, sensor OLI. Para os produtos do Landsat 5 modifica-se os canais com os seguintes parâmetros. NIR = canal 4, sensor TM. RED = canal 3, sensor TM.

Os números de percentual da vegetação (CV) foram obtidos com base em Lima (2017) de acordo com a (equação 18). A equação foi adaptada de modo a simplificar os cálculos de

cobertura percentual diminuindo a margem de erro. Para tanto, todos os pixels negativos do NDVI foram transformados em zero. Os pixels positivos foram normalizados para o valor de: 1. Nesse sentido, se estabelece o intervalo: (0-1) com variantes = ($NDVI_{\hat{A}GUA}$) valor mínimo e ($NDVI_{VEG}$) valor máximo. Esse procedimento foi calculado de acordo com a (expressão 01) realizada na calculadora raster do Arcgis 10.2

$$CV = \frac{NDVI - NDVI_{\hat{A}GUA}}{NDVI_{VEG} - NDVI_{\hat{A}GUA}} \quad (\text{Eq 18})$$

Onde: (NDVI) corresponde a valores de pixels do Índice da Vegetação. ($NDVI_{\hat{A}GUA}$) é o valor de um pixel da classe solo exposto. ($NDVI_{VEG}$) valor do pixel da classe vegetação densa.

Expressão 01

("NDVICARIRI" <= 0) * 0 + ("NDVICARIRI" > 0 AND "NDVICARIRI" <=0.560707) * "NDVICARIRI" / 0.560707 + ("NDVICARIRI" >0.560707) * 1

Onde, 0.560707 corresponde ao valor máximo do NDVI para o Landsat 8. Os valores referentes ao Landsat 5 são: 0.396558 para o ano de 1999 e 0.366372 para o ano de: 2009. Valores que estão acima dos números citados correspondem a NODATA, são valores fisicamente irrelevantes, limitados a valores unitários.

3.9.0 Índice do Tamanho do Grão Superficial (TGSI)

De acordo com Xiao et al. (2006), o índice espectral TGSI estima a composição granulométrica do solo através de medições de refletâncias dos canais RGB dos satélites Landsat 5 e 8. Trata-se de mais uma técnica de sensoriamento remoto usada para estudar o fenômeno da desertificação através da granulometria do solo. O seu cálculo se dá de acordo com os parâmetros da (equação 19)

$$TGSI = \frac{RED - BLUE}{RED + BLUE + GREEN} \quad (\text{Eq 19})$$

O estudo da desertificação através do Índice da Granulometria do Solo (TGSÍ) foi inicialmente proposto na Ásia em regiões da China. Este indicador permite analisar a textura do solo a partir das transformações ocorridas nas características granulométricas do solo. Diante disso, é possível fazer diversas análises com bases na mudança de textura do solo.

Portanto, o TGSÍ tem se mostrado como uma técnica de grande maestria em análises ambientais principalmente como indicadores para áreas susceptíveis ao processo de desertificação. Seus dados fornecem informações capazes de indicar a variabilidade das transformações ocorridas em áreas de grande degradação. De acordo com Lamchim et. al. (2016) este índice só é aplicável para as áreas nuas ou vegetação escassa, ou seja, só se deve aplicar esse indicador apenas em áreas que esteja com alto nível de degradação. Um dos indicadores do processo de desertificação é a redução da cobertura vegetal, aliada a essa mudança está a degradação do solo (PATRÍCIO, 2017). Diante desses parâmetros necessários para uma análise satisfatória ressalta-se que a área de estudos está nas condições exigidas para o perfeito funcionamento deste indicador.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção agropecuária

Os municípios de Cabaceiras, Boqueirão e Barra de São Miguel tem como principal fonte econômica de renda baseada na produção de caprinos e na agricultura familiar de subsistência. Nos períodos de estiagem demorada tais atividades se tornam complicada, causando a perda das lavouras e o falecimento dos animais. É compreensível, a importância da caprinocultura na região Nordeste do Brasil, pois a região detém 91,6% do efetivo nacional (IBGE, 2014), compreendendo desta forma, uma atividade econômica de grande representatividade na área.

Os caprinos têm forte adaptação ao clima local e os investimentos para desenvolver sua produção são inferiores à criação bovina. É mostrado na tabela 5, o número de rebanhos efetivos e galináceos para os três municípios, percebe-se que os rebanhos caprinos e ovinos são mais representativos do que o bovino.

Tabela 5. Rebanhos de Boqueirão, Barra de São Miguel e Cabaceiras na Paraíba – 2004-2018

Rebanhos (cabeças)	Municípios					
	Boqueirão		Barra de São Miguel		Cabaceiras	
	2004	2018	2004	2018	2004	2018
Bovinos	10.000	8.180	2.700	3.050	3700	2800
Caprinos	10.000	9.900	14.000	15.600	15150	12.400
Codornas	320	300	-	-	-	-
Equinos	300	350	260	310	270	280
Galináceos	10.600	35.000	14.200	12.760	5100	7.100
Ovinos	13.000	10.000	5.000	11.700	6500	10.100
Asininos	400	-	410	-	600	-
Muares	160	-	95	-	110	-
Suínos	650	3.100	535	950	450	950

Fonte: IBGE (2018).

Cabaceiras é conhecida nacionalmente pela caprinocultura e pela festa do "Bode Rei", que atraem muitos turistas e criadores de bodes (Figura 2).



Figura 2. Vista da caatinga e do rebanho caprino e ovino no período de estiagem. Assentamento Bom Jesus I, município de Barra de São Miguel – PB. **Fonte:** Maria Aparecida de Souza, 2018.

No período de estiagem a alimentação dos rebanhos na região do Cariri fica comprometida e as áreas de pastagem natural na Caatinga não oferece alimento em quantidades adequadas às necessidades nutricionais dos animais (Araújo e Barbosa, 2018). O agravante desta situação é que a maioria dos produtores não guarda alimento para o gado para o período de estiagem, também por falta de chuvas não produzem alimentos para estes períodos secos, o que provoca a morte de animais pela fome (SOUSA e ARAÚJO, 2019). Araújo e Barbosa (2018) ressaltam que a maioria dos agricultores cria galinha de capoeira para a subsistência como complemento da renda familiar. A fonte majoritária de renda dos municípios pesquisados é advinda da agricultura de subsistência e da criação de animais de pequeno porte. Na tabela 6 é possível observar a produção agrícola dos municípios pesquisados. Os pequenos produtores rurais produzem principalmente milho, feijão e batata-doce. Essas culturas são dependentes de chuvas regulares, sendo, portanto, susceptíveis a perda em caso de falta de chuvas.

O desenvolvimento dessa região é fortemente dependente das precipitações pluviométricas, as suas variações implicam prejuízos socioeconômicos. Desse modo, as atividades agrícolas na região são marcadas pelas incertezas. Portanto, toda produção está intrinsecamente ligada ao inverno. Quando o ano é chuvoso, a produção tende a ser farta. Entretanto, em anos com baixa pluviosidade tem-se toda uma problemática de convivência com os baixos níveis pluviométricos. Mediante a essas circunstâncias o agricultor traça suas metas para cada ano. Mesmo diante de um obscurantismo e a necessidade de garantir seu sustento é maior.

Tabela 6. Produção agrícola de Boqueirão, Barra de São Miguel e Cabaceiras – PB, 2004-2018

Produção agrícola (t)	Municípios					
	Boqueirão		Barra de São Miguel		Cabaceiras	
	2004	2018	2004	2018	2004	2018
Batata-doce	240	56	80	200	80	56
Fava	15	1	2	4	-	1
Cebola	330	330	-	800	15	330
Feijão	150	9	40	44	40	9
Milho	160	21	45	101	80	21
Tomate	800	600	1000	1.800	-	600
Algodão	12	-	100	-	6	-
Alho	1	8	-	-	9	-

Fonte: IBGE (2018).

Os pequenos agricultores enfrentam grandes períodos de estiagens, acesso ao crédito dificultado, poucas sementes nativas, atraso das entregas das sementes do governo no período de inverno (fato esse, que pode explicar a baixa produtividade mesmo nos períodos chuvosos), falta de armazenamento adequado para os grãos como silos; falta de planejamento, desorganização da produção, ausência de apoio técnico para desenvolvimento de suas atividades em parâmetros ecologicamente sustentáveis; problemas na escoação da produção tornando-se “refém” dos atravessadores.

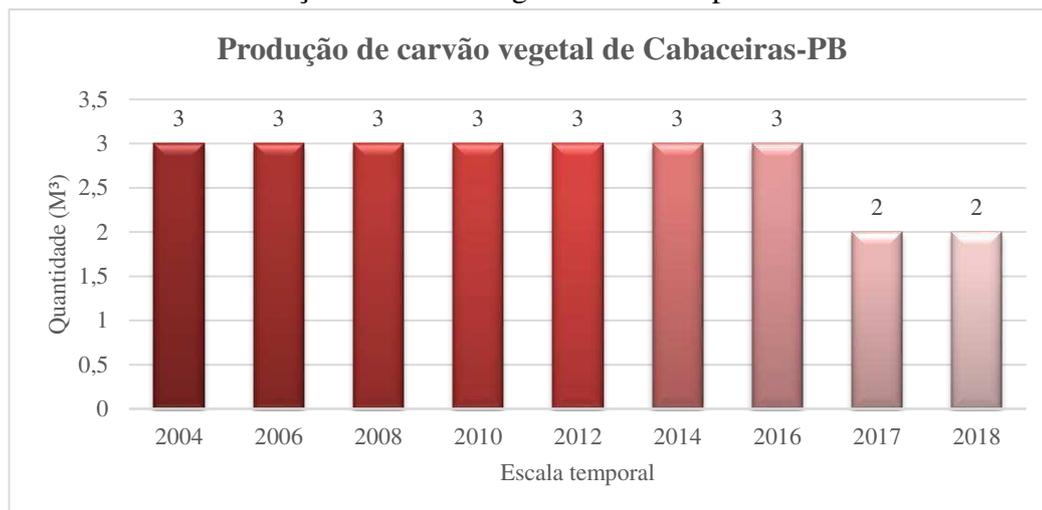
4.2 Identificações dos impactos ambientais e os efeitos da degradação sobre o ecossistema da Caatinga local

Os municípios da área de estudo fazem parte do bioma Caatinga que é unicamente brasileiro. É um bioma híbrido composto por um mosaico de arbustos e áreas de florestas sazonalmente secas, ocorrendo principalmente sob condições semiáridas.

É possível observar no gráfico 1, que se teve uma leve redução na extração de madeira para carvão vegetal. Todavia é possível também verificar que a partir de 2016 até meados de 2018 tivemos uma pequena diminuição na produção de carvão vegetal do município de

Cabaceiras-PB. No entanto, a partir do ano de 2016 para meados de 2018 nota-se uma redução nesta produção. É notório salientar que, desde o ano de 2012 que o semiárido vem sendo acometido por uma longa estiagem, e com isso a sua vegetação típica de Caatinga não ocorre o seu processo de resiliência satisfatório. Desse modo, a vegetação predominante não tem se regenerado, portanto, tem afetado diretamente os setores de carvão e lenha do município.

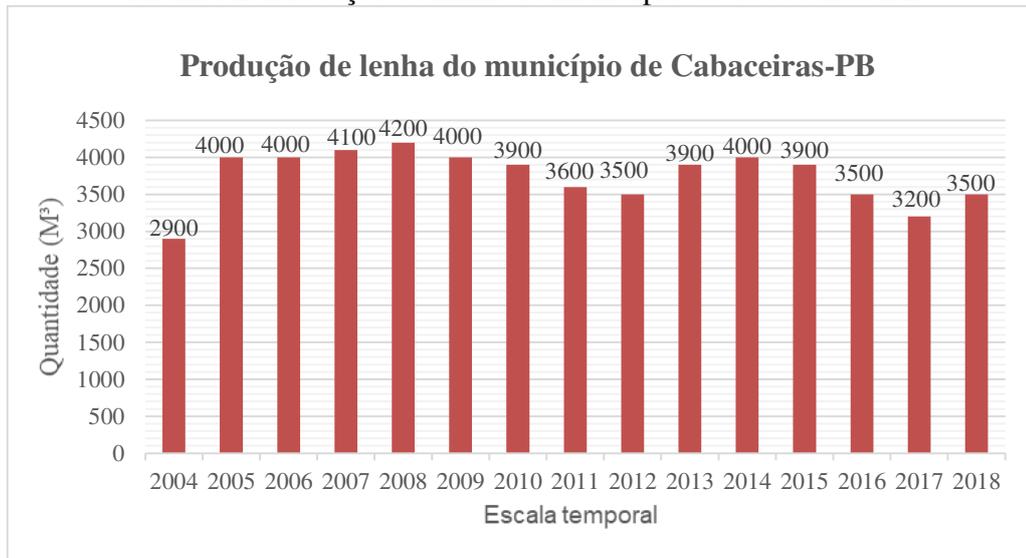
Gráfico 1. Produção de carvão vegetal do município de Cabaceiras-PB



Fonte: IBGE (2018).

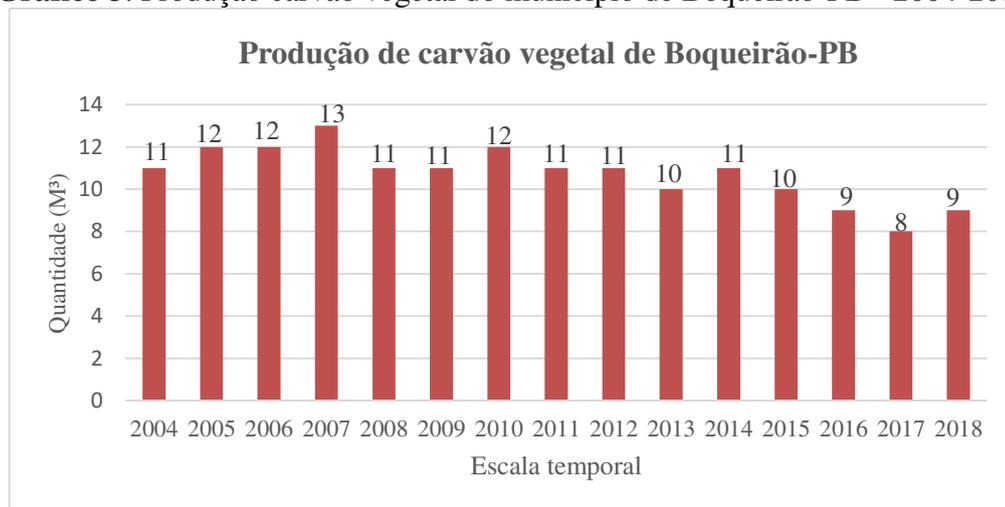
Entretanto, nos demais municípios estudados revela-se um quadro caótico quando nos referimos ao uso sustentável dos recursos naturais, ambos estão corroborando para a redução das matas nativas existente em seus territórios. Embora o gráfico 1, revele uma redução da extração vegetal, é visto que ainda há resquícios de um excessivo uso dos recursos naturais existentes na área de consulta. A deterioração da cobertura vegetal é extremamente prejudicial para o solo, pois em períodos chuvosos resulta em diversos impactos como assoreamento dos rios e riachos, aberturas de ravinas e erosões. Tais impactos suscitam, perdas das propriedades edáficas do solo, gerando sérios impactos ao ecossistema local.

O gráfico 2, mostra uma leve oscilação da produção de lenha nos anos de 2011 a 2017, isso ocorre devido à escassez desta matéria-prima. Deve-se salientar-se também que os programas sociais federais de combate à pobreza como Bolsa Família, Seguro Safra e Bolsa Estiagem contribuíram significativamente na redução de atividades predatórias aos recursos naturais. Pois, esses programas garantem um complemento mensal para os pequenos agricultores, fazendo com que não dependam exclusivamente dos recursos vegetais.

Gráfico 2. Produção de lenha do município de Cabaceiras-PB

Fonte: IBGE (2018).

A mesma situação ocorre com o município de Boqueirão, veja no gráfico 3, apresentando picos de oscilações na produção extrativista de lenha para carvão vegetal. Esses dados apontam que mesmo a Caatinga sendo um bioma exclusivo do território brasileiro, vem sendo gradativamente destruído pela ação antrópica para diversos fins. Geralmente essa extração ocorre de maneira ilegal, sem a preocupação devida com o bioma Caatinga.

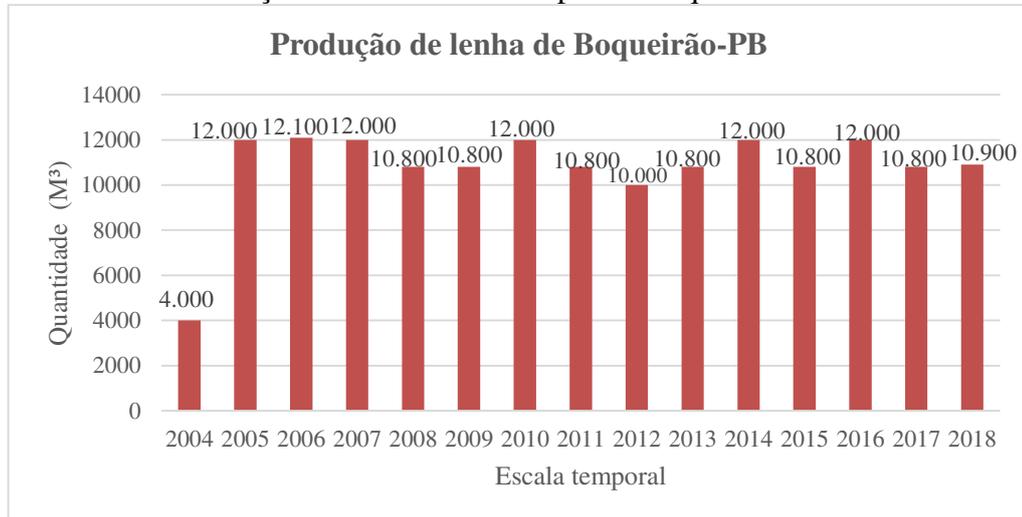
Gráfico 3. Produção carvão vegetal do município de Boqueirão-PB - 2004-2018

Fonte: IBGE (2018).

A produção de lenha do município de Boqueirão gráfico 4, apresentou um forte crescimento nos anos de 2004, 2005 e 2006 a partir de então, houve uma oscilação de produção nos demais anos. Essa variação de produção é resultado da redução da vegetação propícia para essa atividade. Cabe ressaltar que vivenciamos um período de longa estiagem que contribui

significativamente para redução da cobertura vegetal, ou seja, não foi possível a recuperação natural da vegetação. Deste modo, é natural a redução na produção de lenha, esse abatimento vale para os demais municípios da área em pesquisa.

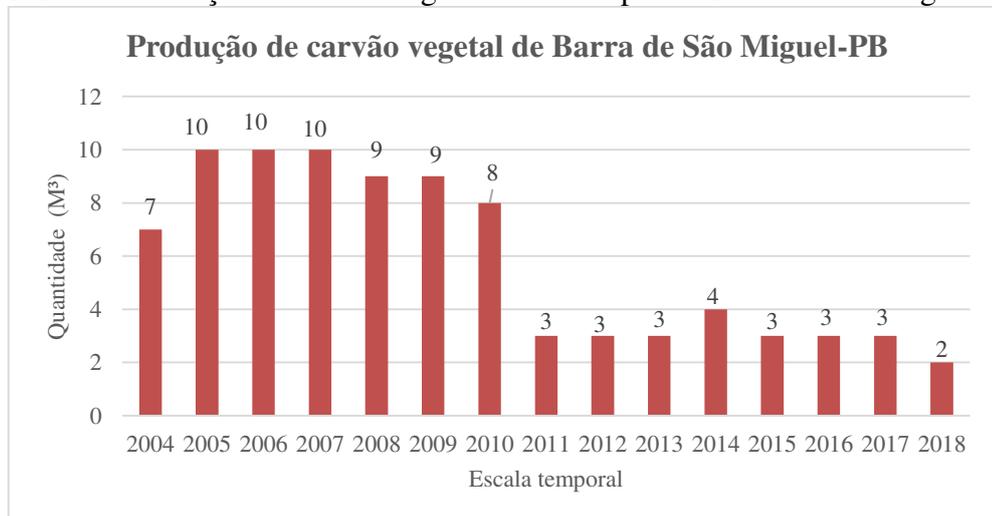
Gráfico 4. Produção de lenha do município de Boqueirão-PB – 2004-2018



Fonte: IBGE (2018).

Quanto à produção extrativa vegetal, Barra de São Miguel gráfico 5, apresentou uma produção de lenha bem maior em relação ao município de Cabaceiras. E a tendência reducionista na produção para o município, principalmente entre os anos de 2004 e 2014, pode estar atrelado aos efeitos do desmatamento, ou seja, à rarefação dos recursos naturais. Dos municípios estudados Barra de São Miguel-PB, é que apresenta os maiores índices de redução na sua produção de carvão vegetal e lenha. Isso mostra que a cobertura vegetal do município foi amplamente reduzida durante os longos anos de produção e uso intensivo do solo.

Gráfico 5. Produção de carvão vegetal do município de Barra de São Miguel-PB

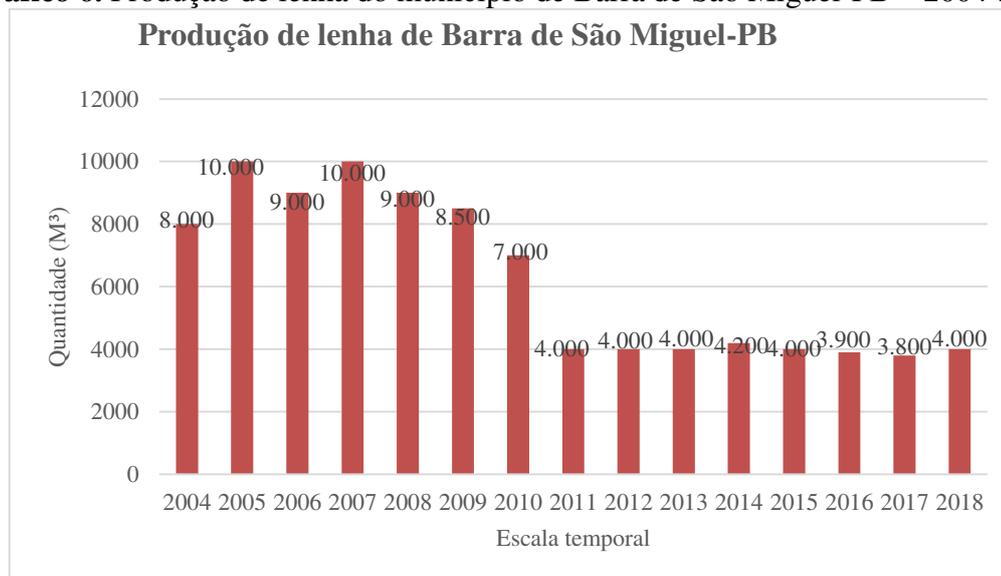


Fonte: IBGE (2018).

No tocante a produção de lenha, o município de Barra de São Miguel caminha em uma forte redução na extração vegetal. É importante salientar que esses dados tem uma grande atenuação a partir de meados do ano de 2008, como é possível identificarmos no gráfico 6. O referido gráfico revela que de meados de 2007 em diante houve uma redução na produção de lenha do município. Como outrora citado, tal fato ocorre devido à redução da vegetação apropriada para essas atividades, assim como o fomento das políticas sociais de combate à pobreza.

A Caatinga, apesar de sua importância, vem sendo desmatada gradualmente nos últimos anos devido ao consumo de lenha nativa explorada de forma ilegal e insustentável para fins domésticos e industriais. A retirada da vegetação é feita para dar lugar ao sobrepastoreio, e agricultura de subsistência.

Gráfico 6. Produção de lenha do município de Barra de São Miguel-PB – 2004-2018



Fonte: IBGE (2018).

4.3 Análise da dinâmica de uso e ocupação do solo e do processo de desertificação

O índice de vegetação foi um indicador relevante na pesquisa, pois, a partir das informações apresentadas, pode-se identificar o comportamento da cobertura vegetal na escala temporal analisada. Para os anos da referida averiguação foi possível verificar os avanços na degradação da cobertura vegetal da área estudo. Os índices possibilitam fazer uma análise do

quanto foi degradada a cobertura vegetal de uma área em diversas escalas temporais. Como pode-se observar nas imagens da área dos municípios estudados (Figura 4).

Para comprovar como o comportamento da vegetação influencia diretamente no processo de desertificação, os mapas de NDVI são apresentados neste tópico, acompanhado do gráfico de variação temporal das classes da cobertura do solo, assim como os percentuais de cada classe: Densa, Arbórea, Herbácea, Solo Exposto e Corpos D'água. Tais informações foram analisadas individualmente e, relacionadas mutualmente. A percepção de alteração pode ser diagnosticada na observação da carta temática com os três mapas e na análise de dados da variação temporal das classes de cobertura do solo, gráfico 1.

No Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) do ano de 1999 pode-se ver o contraste da cobertura vegetal quando comparamos com o NDVI de 2019, foi observado que houve avanços na resiliência da vegetação arbórea no período. A carta temática mostra que de 1999 para 2019 houve um aumento considerável desta classe de vegetação, passando de 16% para 19%, ou seja, um aumento de cerca de 3% durante vinte anos. No tocante a área de solo exposto em 1999 contabilizava-se 28% de área de solo exposto, enquanto em 2019 apresentava uma redução de cerca de 1%. Diante disto, pode ser observado que houve uma pequena recuperação da vegetação durante o período de estudo.

Quanto à vegetação arbustiva nota-se que houve um pequeno aumento desta vegetação durante o período de análise de cerca de 1% onde em 1999 apresentava 20% passando para 21% em 2019. Na mesma perspectiva foi o que aconteceu com as plantas herbáceas no período estudado passando de 24% para 27%, apresentando uma recuperação de cerca de 3% durante os vinte anos de análise. Já os corpos d'água houve uma pequena redução durante esses anos de estudos passando de 12% para 11%, resultando em uma redução de 1% entre 1999 e 2019.

Com o intuito de realizar o cruzamento de dados e obter melhores resultado foi elaborado o índice de vegetação por diferença normalizada para o ano de 2009. Nesse período foi possível analisar o comportamento da cobertura vegetal durante os 20 anos. No decorrer de 1999 para 2009 foi possível verificarmos inúmeras alterações na cobertura vegetal. Basta observarmos a classe de vegetação arbórea que em 1999 apresentava cerca de 16% da cobertura vegetal, onde em 2009 representava cerca de 29,0% alcançando um acréscimo em torno de 13,7% um aumento excelente dessa classe vegetativa.

Quanto à classe arbustiva, nota-se que também houve um aumento significativo dessa cobertura vegetal durante os 10 anos de análise, verificou-se que em 1999 essa classe apresentava 20% e, em 2009 passou a representar 23,6%; ou seja, cerca de 3,0% de acréscimo dessa categoria. A classe de vegetação herbácea apresentou uma redução da vegetação nos anos de 1999 e 2009, onde tínhamos 24% em 1999 e passamos para 19% em 2009, ou seja, uma redução deste (vegetais) de cerca de 5%. O estrato de solo exposto dos anos de 1999 para 2009 foi o que apresentou maior redução durante a época de análise. O índice mostrou que em 1999 a área de solo exposto representava 28% e, em 2009 caiu para apenas 12,4%, ou seja, uma contração de 15,6%. Na categoria corpos d'água observamos que houve um aumento desta classe no período de 1999 a 2009, onde em 1999 apresentava 12%, passando para 15% em 2009, isso quer dizer que se alcançou um acréscimo de 3% dessa classe.

A vegetação dos municípios estudados passou por diversas oscilações durante os vinte (20) anos de estudos analisados. Pode-se observar na figura 3, que mesmo diante da constante degradação da vegetação ainda existem resquícios dessa classe vegetal nos municípios em estudo. Os dados dos indicadores biofísicos mostraram que ao longo do período analisado diversas classes de vegetação sofreram alterações, assim, como tem-se aumentando o tamanho das áreas de solos expostos. O uso intenso da cobertura vegetal para implantação da agropecuária extensiva provoca o aumento de áreas solo exposto. Pois, para expansão de novas áreas para criação é necessário desmatar a vegetação nativa. Desse modo, o processo inicia-se com a retirada da vegetação que pode ser utilizada para produção de lenha e carvão vegetal. Esses produtos produzidos com a vegetação nativa são principalmente oriundos da vegetação arbórea, pois, é a vegetação propícia para esse uso. Diante deste cenário, o processo de degradação da cobertura vegetal se agravar imensamente. Outro fator importante que se deve fundamental importância na análise são as queimadas provocadas para plantação e aberturas de novas áreas de pastoreio. Tais métodos que são tidos como tradicionais para agricultura sertaneja tem contribuído significativamente para forte redução da cobertura vegetal, e para grandes áreas de solos desnudos desprotegidos da vegetação que lhes servem como escudo protetor nos períodos de invernações no sertão.



Figura 3. Vista da vegetação dos municípios de Boqueirão e Barra de São Miguel. Área de vegetação arbórea dos municípios de Boqueirão figura (A) e Barra de São Miguel (B), 20 de abril de 2019.
Fonte: Anselmo Barbosa, abril de 2019.

E por fim, fizemos a comparação dos índices de vegetação do ano de 2009 com 2019, onde foi possível investigarmos o comportamento da vegetação durante esses últimos 10 anos de análise. Nessa quadra observamos que a vegetação arbórea apresentou uma redução contundente passando de 29,7% em 2009 para 19% em 2019, ou seja, uma redução de 10,7%. Seguindo essa mesma perspectiva, a vegetação arbustiva obteve um decréscimo também, onde em 2009 compreendia 23,6% reduziu para 21%, ou seja, uma diminuição de 2,6%.

Na classe de vegetação herbácea notamos que apresentou um aumento dessa vegetação, enquanto em 2009 apresentava 19% em 2019 passou a representar 27%, ou seja, um aumento de 8% dessa categoria de vegetação. No estrato de solo exposto observamos que aumentou consideravelmente nessa data analisada, onde em 2009 apresentava 12,4% passando para 27% no ano de 2019 um aumento de cerca 14,6%. No tocante a classe de corpos d'água em 2009 apresentava uma área de 15% sofrendo uma redução para cerca de 10% em 2019, ou seja, uma redução de 4% nos últimos 10 anos de análise.

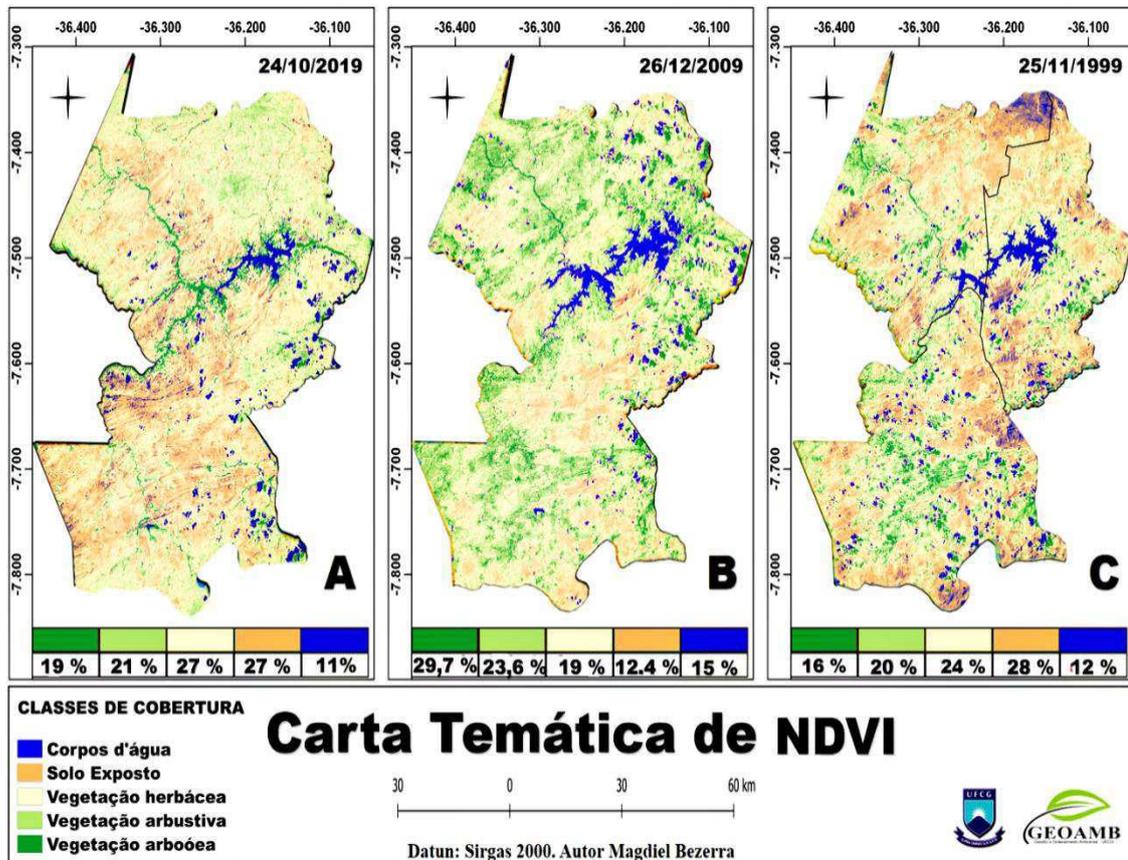
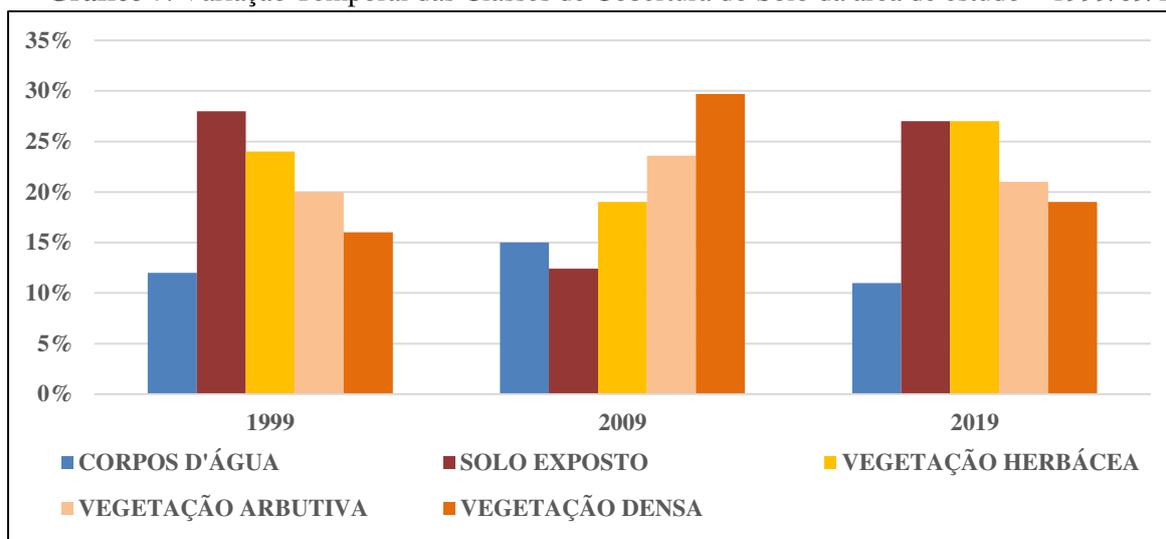


Figura 4. Carta temática do índice de Vegetação da diferença Normalizada. **Fonte:** INPE/IBGE/Remote pixel, (2020). **Elaboração:** Magdiel Bezerra, 2020.

Com base nos dados do gráfico 7, é possível aferir o nível de degradação existente na área pesquisada. É notável que cada período estudado uma classe de vegetação é sumariamente reduzida de forma intensa, deixando assim o solo exposto e contribuindo acentuadamente para o processo de desertificação nos municípios analisados. Todavia, é importante ressaltar que a vegetação densa teve seu “ápice” no ano de 2019, não obstante, destacar que nesse período traz consigo uma fase de boas precipitações para o semiárido, e com isso é normal que a vegetação tenha um forte poder natural de resiliência.

Gráfico 7. Variação Temporal das Classes de Cobertura do Solo da área de estudo – 1999/09/19

Fonte: INPE/IBGE/ Remote pixel, (2020). Elaboração: Magdiel Bezerra, 2020.

4.4 Verificação da cobertura do solo através do TGSI

O TGSI - Índice de textura do solo (Sigla Inglês - Topsoil Grain Size Index), é um indicador que tem como característica medir a granulometria do solo. Desta forma, é possível analisarmos o processo de degradação através da mudança de textura do solo. O TGSI negativo indica área coberta por vegetação e positivo indica areia grossa, ou seja, área propícia ao processo de desertificação.

Na análise do TGSI de 1999 e 2009, figura (5), é possível observarmos que nas áreas próximas ao açude Epitácio pessoa (Boqueirão), mostra valores do TGSI negativo. Enquanto no TGSI de 2019 os valores de TGSI são todos positivos. Mediante tais, fatores é admissível compreender que os níveis de degradação vêm ocorrendo de forma gradativa nos municípios estudados. Com base no Índice de Textura do solo, é visto, que de 1999 para 2019 a textura do solo vem sendo modificada, principalmente com as ações antrópicas. No entanto, no ano de 1999 os valores de TGSI foram bem elevados, isso se explica pela mudança da textura do solo nesse período de análise. Entretanto, ao analisar os demais anos, nota-se que se tem uma redução dos valores máximos de TGSI de 1999 para 2009, e uma leve ascensão em 2019.

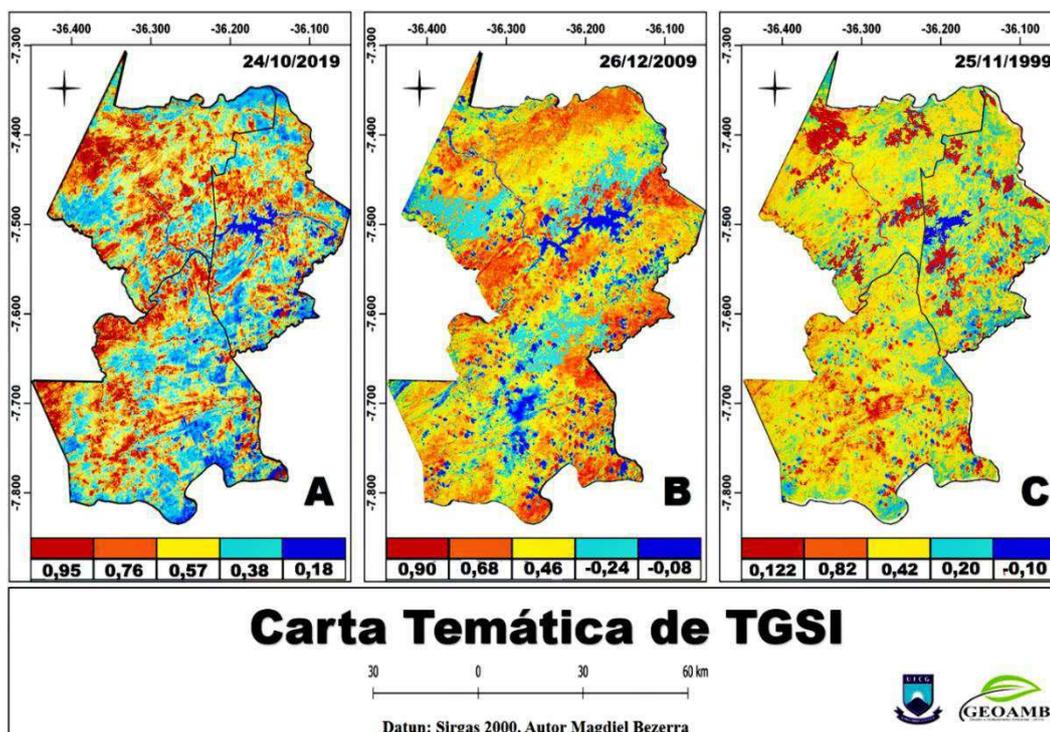


Figura 5. Valores de TGS dos municípios de: Barra de São Miguel, Boqueirão e Cabaceiras. Carta temática de TGS da área de estudo. Elaboração:Bezerra,2020.

O TGS sofreu diversas oscilações de 1999 até 2019, isso deve-se ao fato do uso extensivo da cobertura vegetal, principalmente pela agropecuária e o extrativismo vegetal que aliado a vulnerabilidade climática vem favorecendo para que se tenha essa oscilação no índice de granulometria do solo. Os valores de TGS altos representa áreas com alta possibilidade de desertificação, ou seja, essas áreas que apresentaram valores ascendentes de TGS são fortemente suscetíveis ao processo de desertificação. A região norte do município de Cabaceiras no ano 1999 apresentou valores de TGS elevado, e em 2009 teve-se uma redução, e voltou a subir novamente em 2019. Tais valores estão intrinsecamente ligados ao manejo da cobertura vegetal, principalmente do extrativismo vegetal, atividade fortemente ativa no referido município.

4.5 Análise da cobertura vegetal com base no Albedo (α)

O albedo, frequentemente dado em porcentagem, se caracteriza pela capacidade que os corpos têm de refletir a radiação solar que incide sobre eles e varia de acordo com a cor e a constituição do corpo. Desta forma, será máximo nos corpos brancos e mínimo nos corpos pretos. Nas superfícies planas e horizontais não vegetadas, o albedo varia com as propriedades físicas dos materiais que as constituem (cor, rugosidade, etc.) e com o ângulo zenital do Sol, sendo menor

quando este astro se encontra próximo à culminação. Existindo vegetação, o albedo varia com a espécie, a fase do desenvolvimento, o estado de sanidade, a geometria da copa, o índice de área foliar, etc. O albedo da superfície é acentuado como a razão entre as irradiâncias refletida e incidente.

O albedo dos municípios estudados no ano de 1999 figura (6), onde foi encontrada grandes áreas de solo exposto fazendo com que os valores de albedo fossem alto. Enquanto em 2009 verificamos uma pequena queda no valor do (albedo). Contudo, em 2019 este valor volta a subir acentuadamente. Todavia, esses valores oscilam devido ao uso excessivo da cobertura vegetal que tem contribuído enormemente para que os valores de albedo sejam alto, carecido os grandes desmatamentos na área para agricultura e pecuária.

A agropecuária e o extrativismo vegetal praticado nos municípios do Cariri Oriental Paraibano, tem contribuído de forma significativa para o processo de empobrecimento do solo e conseqüentemente da perda de suas propriedades edáficas, ou seja, de sua função produtiva. Mediante a tal problemática os indicadores apontam para altos valores de albedo da superfície, isso é resultante da retirada da cobertura vegetal que desta forma deixa o solo desnudo.

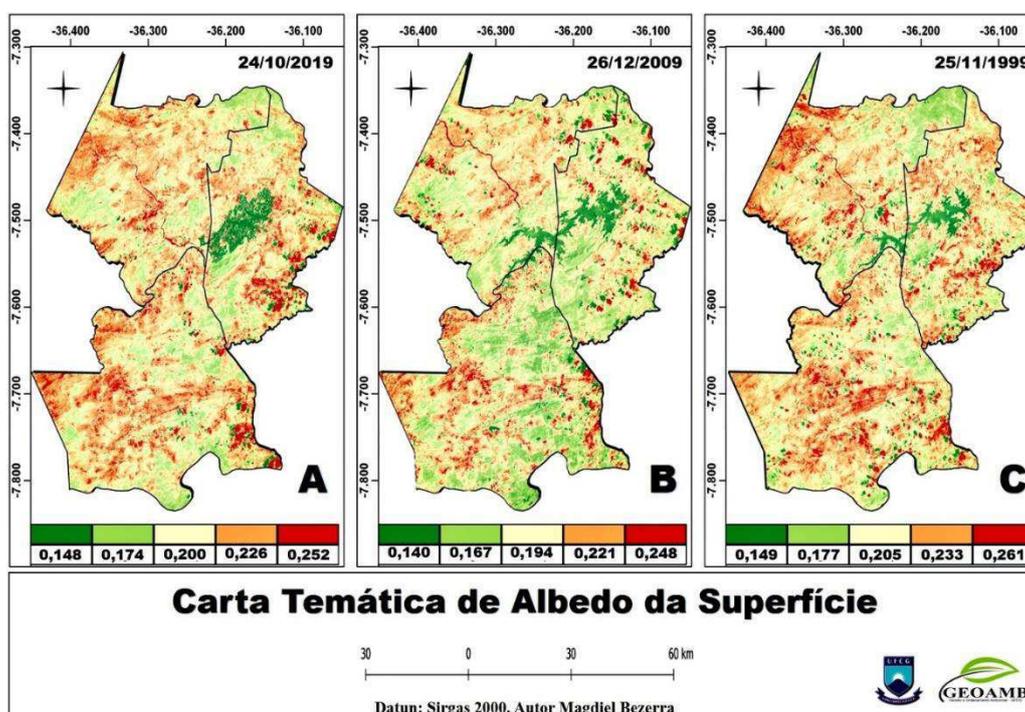
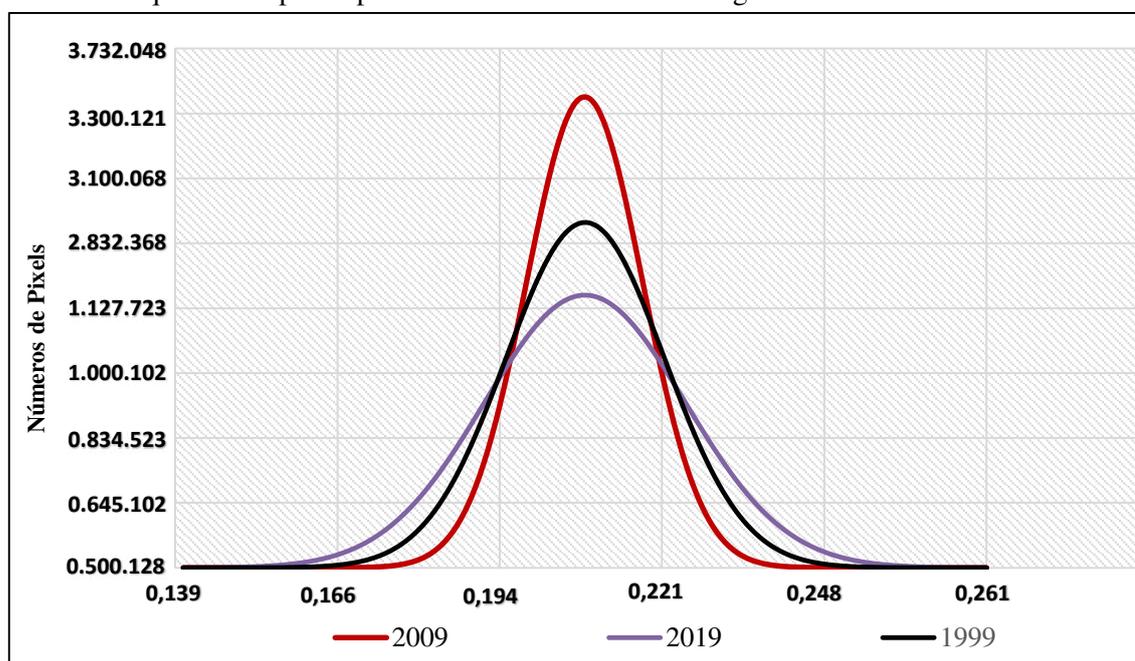


Figura 6. Valores de Albedo corrigido de Barra de São Miguel, Boqueirão e Cabaceiras. Carta tema de albedo da superfície da área de estudo. REMOTE PIXEL/USGS (2020). Bezerra,2020.

No gráfico 8, tem-se a frequência dos píxeis dos valores de albedo dos municípios em pesquisas, assim como os respectivos anos. No ano de 2009 foi o ano que apresentou os maiores valores de píxeis, tendo em seguida o ano de 1999 e logo abaixo vem o ano de 2019. Diante destes valores, pode-se refletir que as ações antrópicas com as condições climáticas têm favorecido para termos valores tão elevados. O solo desnudo favorece para mudar os valores de reflectância da superfície. Deste modo, ocorre o aumento dos valores de albedo da superfície. Isso leva a redução da energia térmica disponível - processo agravado pela ausência de nebulosidade, que favorece o escape da radiação infravermelha originada na superfície.

Gráfico 8. Frequência de pixels para os valores de Albedo Corrigido



Fonte: REMOTE PIXEL/USGS (2020). Autor: Magdiel Bezerra, 2020.

No gráfico 8 observa-se que a maior frequência de píxeis ocorre exatamente no ano de 2009, ano que obteve as menores percentagens de cada classe de análise do (albedo). Diante disso, nota-se que quanto maior o nível de solo desnudo, maior será o valor do píxel, devido a reflectância ser mais significativa. Como observado anteriormente, dependendo do objeto os valores de albedo podem variar drasticamente. Vale ressaltar que tais oscilações de valores de píxel, tem relação com os corpos hídricos. Pois, em Boqueirão localiza-se o açude Epitácio Pessoa um manancial. Desse modo, obteve se valores de píxel tão elevado devido essa variável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram observadas nesta pesquisa que o longo período de exploração dos recursos naturais vem gradualmente causando inúmeros impactos ao bioma Caatinga e intensificando o processo de desertificação. Os dados do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), apontam uma drástica redução da vegetação arbórea. Esta vegetação já não se encontra com abundância, bem como o aumento da exposição de solo exposto pela intensa expansão das atividades agropecuárias.

Os municípios estudados apresentam-se como polos produtores na criação de caprinos do Estado da Paraíba e do Nordeste brasileiro. Tais atividades são muito prejudiciais ao bioma Caatinga. Outra atividade de grande relevância para à área pesquisa é a extração vegetal, seja ela para produção de carvão ou como lenha para indústria. Tal atividade vem sofrendo uma leve diminuição ao longo dos anos e, é importante ressaltar que isso ocorreu devido à redução na vegetação arbórea, sendo esta vegetação apropriada para o desenvolvimento destas atividades econômicas.

Os demais indicadores TGSÍ e Albedo indicaram significativos índices de degradação da cobertura vegetal durante os anos de estudos. Os Indicadores biofísicos associados aos dados socioeconômicos apontaram que os elementos propulsores ao processo de desertificação estão intrinsecamente ligados as ações antrópicas. Vale ressaltar que as condições climáticas têm papel preponderante para perpetuação da degradação, mas, a ação humana tem importância superior.

Os dados apontam para uma redução da classe da vegetação arbórea e, conseqüentemente, o aumento de áreas com solo exposto. O uso descontrolado da cobertura vegetal vem degradando o bioma local, e pondo em risco os ecossistemas existentes.

Mediante a tal problemática é necessário urgentemente que se tome medidas socioambientais de proteção ao bioma e os ecossistemas locais. Portanto, deve os poderes municipais, estaduais e federais ajam em conjunto com objetivo de promover o uso sustentável dos recursos naturais.

Os indicadores biofísicos indicaram que os municípios apresentaram redução da vegetação como foi o caso do IVDN, o TGSÍ apresentou valores elevados suscitando para

modificação da textura do solo e o Albedo da superfície apresentou valores elevados, isso explica-se pelo fato do uso intensivo do solo dos municípios. É extremamente ressaltar que o estudo dos indicadores biofísicos associados aos dados socioeconômicos corroborou na análise ao processo de desertificação no Cariri Oriental Paraibano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Sérgio M. S. de; LIMA, Eduardo R. V. de. **Desertificação no Semiárido Brasileiro e Paraibano: Abordagens conceituais, metodologias e indicadores**. Paulo Afonso: Editora da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana, 2019. 150 p.

ARAÚJO, Sérgio M.S. de; Barbosa, Anselmo Araújo. **Avaliação Espacial e Temporal da Desertificação em Municípios do Cariri Oriental Paraibano (1999 A 2018)**. Cajazeiras: Geosertões, 2019 P. 49-66.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL Surface Energy Balance Algorithm: for Land – Advanced Training and User’s Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002**.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. de. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri - PB. **Ambiência**, Guarapuava (PR), v.9, n.1, p. 13-23, 2013.

ALVES, J. J. A.; SOUZA, E. N. de; NASCIMENTO, S. S. do. Núcleos de desertificação no Estado da Paraíba. **Revista RA’E GA**, Curitiba-PR, n.17, p. 139-152, 2009.

BARBOSA, M. P.; Territórios de insustentabilidade face ao processo de desertificação no semiárido brasileiro. In: **Costurando com fios invisíveis: a fragmentação do território**. Org. Vitória Régia Fernandes Gehlen e Pilar Carolina Lainé. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 367, 2012.

BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL - based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v.229, p.87-100, 2000

BASTIAANSEN, W.G.M., NOORDMAN, E.J.M., PELGRUM, H., DAVIDS, G. & ALLEN, R.G. SEBAL for spatially distributed et under actual management and growing conditions, **ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.131, n.1, p. 85–93, 2005.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cabaceiras - PB. MASCARENHAS, J.C.; BELTRÃO, B.A.; SOUZA JUNIOR, L.C.; MORAIS, F.; MENDES, V.A.; MIRANDA, J.L.F. (org.) Recife: CPRM/PRODEEM, 10p. e anexos. 2005.

Duque, G., 2006. Agricultura Familiar em Áreas com Risco de Desertificação: o caso do Brasil Semiárido, in: Moreira, E. (Org.), Agricultura Familiar e Desertificação, 1 ed. Editora EDUEPB, João Pessoa, pp. 11-15.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

G. CHANDER, B. L. MARKHAM, AND D. L. HELDER. Summary of current radiometric calibration coefficients for landsat mss, tm, etm+, and eo-1 ali sensors. **Remote Sensing of Environment**, 113(5):893–903, 2009. xii, 31, 32, 33, 34

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Dados socioeconômicos municipais da Paraíba. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/Brasil/PB> >. Acesso em: 19 fev. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Sociais Municipais 2010: incidência de pobreza é maior nos municípios de porte médio. Disponível em: <www.ibge.gov.br/>. Acesso: 04 out. 2020.

LAKATOS, E. M.e MARCONI, M.A. Técnicas de Pesquisa. São Paulo: Ed. Atlas, 1999.

LAMCHIN, M.; LEE, J.Y.; LEE, W. K.; LEE, E. J.; KIM, M.; LIM, C. H.; CHOI, H. A.; KIM, S. R. Assesment of land cover and desertification using sensing technology in a local region of Mongolia. *Advances in Space Research*, n. 57, p. 66-77, 2016. Disponível em: < www.sciencedirect.com >. Acesso em: 5 fev. 2019.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C da.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, n 1, p. 140-146, 2005.

KARAVITIS, C.A., TSESMELIS, D.E., OIKONOMOU, P.D., Kairis, O., Kosmas, C., Fassouli, V., Ritsema, C., Hessel, R., Jetten, V., Moustakas, N., Todorovic, B., Skondras, N.A., Vasilakou, C.G., Alexandris, S., Kolokytha, E., Stamatakos, D.V., Stricevic, R., Chatzigeorgiadis, E., Brandt, J., Geeson, N., Quaranta, G. Uma ferramenta de suporte à decisão de avaliação de risco de desertificação (DRAST) *Catena*, Volume 187, abril de 2020. Disponível em: < www.sciencedirect.com >. Acesso em: 4 out. 2020.

MARQUES, Lima A. et al. **CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL E MORFOESCULTURAL DO CARIRI PARAIBANO**. *ACTA Geográfica*, Boa Vista, v.11, n.27, set./dez. de 2017. pp.231-242.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: oficina de textos, p. 201, 2007.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes Gerais de Solos do Brasil. Jaboticabal, FUNEP,1992. 201p. Disponível em:< <https://www.scielo.br/scielo.com>> Acesso em out. 2020.

PIRES, F.R.M. Arcabouço geológico. In: CUNHA, S.B. da.; GUERRA, J.A.T. (orgs). *Geomorfologia do Brasil*. 5ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand, 2009, 392 p.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E.V.B.; GALINDO, I.C.L. Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro. *Tópicos em ciência do solo*, v.1, n.6, p. 319-412, 2009.

REN, H.; HAN, G.; OHM, H.; SCHONBACH, P. et. al. Do sheep grazing patterns affect ecosystem functioning in steppe grassland ecosystems in Inner Mongolia? ***Agriculture, Ecosystems and Environment***, v. 213, p. 1-10, 2015.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A. Mapeamento da desertificação da Região de Desenvolvimento Sertão do São Francisco com base na cobertura vegetal e nas classes de solos. ***Revista Brasileira de Geografia Física***, vol. 08, número especial (IV SMUD) (2015) 510-524. Recife: UFPE, 2017. Acesso em 20/04/2020.

SHEYDDER DE O. LOPES, LARYSSA. Suscetibilidade à Desertificação das Terras Secas de Gilbués (Estado Do Piauí) e Cabrobó (Estado Do Pernambuco), Nordeste do Brasil. ***Revista Geográfica de América Central***, vol. 1, núm. 56, enero-junio, 2016, pp. 307-323. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. Acesso em: 20/04/2020.

SMIRAGLIA, D.; CECCARELLI, T.; BAJOCCHO, S.; SALVATI, L.; PERINI, L. Linking trajectories of land change, land degradation processes and ecosystem services. *Environmental Research*, v.147, p.590-600, 2016.

TUCKER, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing Environ*, v. 8, p. 127–150, 1979.

UNCCD. Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Desertification dans les Pays Gravement Touches par la Secheresse et/ou la Desertification. Ginebra, Suiça: Nations Unies, 1994. 65 p.

VARGHESE, N.; SINGH, N.P. Linkages between land use changes, desertification and human development in the Thar Desert Region of India. *Land Use Policy*, v.51, p.18-25, 2016.

WIJITKOSUM, S, The impact of land use and spatial changes on desertification risk in degraded areas in Thailand. *Sustainable Environment Research*, v.11, p. 2-23, 2015.

XIAO, J.; SHEN, Y.; TATEISHI, R.; BAYAER, W. Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, v. 27, p. 2411-2422, 2006

ZHAO, H.L.; ZHAO, X.Y.; ZHOU, R.L., et al., 2005. Desertification processes due to heavy grazing in sandy rangeland, Inner Mongolia. *Journal of Arid Environments*, v. 62, p. 309– 319, 2005.