



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

RENATA RICHELLE SANTOS DINIZ

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO EL NIÑO NA PLUVIOMETRIA E  
NOS SISTEMAS HÍDRICOS DO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO  
COM A UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIA**

SUMÉ – PB

2018

RENATA RICHELLE SANTOS DINIZ

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO EL NIÑO NA PLUVIOMETRIA E  
NOS SISTEMAS HÍDRICOS DO CARIRI OCIDENTAL PARAIBANO  
COM A UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Biosistemas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Leide Silva de Alencar

SUMÉ - PB

2018

D585a Diniz, Renata Richele Santos.

Avaliação dos efeitos do El Niño na pluviometria e nos sistemas hídricos do Cariri Ocidental Paraibano com a utilização de geotecnologia. / Renata Richele Santos Diniz. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

52 f.

Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup> Maria Leide Silva de Alencar.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Meteorologia. 2. El Niño. 3. Cariri Ocidental Paraibano – Sistemas Hídricos. 4. Geotecnologia. I. Título.

CDU: 551.5(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

RENATA RICHELLE SANTOS DINIZ

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO EL NIÑO NA PLUVIOMETRIA E  
NOS SISTEMAS HÍDRICOS DO CARIRI OCIDENTAL  
PARAIBANO COM A UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Biosistemas.

**BANCA EXAMINADORA:**

*Maria Leide Silva de Alencar*

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Maria Leide Silva de Alencar  
(Orientadora- UATEC/ CDSA/ UFCG)

*Joelma Sales dos Santos*

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Joelma Sales dos Santos  
(Examinadora Interna- UATEC/ CDSA/ UFCG)

*Paulo César Batista de Farias*

\_\_\_\_\_  
Paulo César Batista de Farias  
(Examinador Externo)

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

*Dedico este trabalho, a Deus que foi minha maior força nos momentos difíceis e a, minha prima, Fernanda Diniz Farias (in memoriam), com todo carinho e eternas saudades.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre comigo nos momentos bons e ruins, guiando os meus passos me dando força em cada obstáculo posto à minha frente.

A nossa senhora desatadora de nós pela sua imensa misericórdia para comigo que por tantas vezes voltou o seu olhar compassivo sobre mim me protegendo.

Aos meus pais, Joacil Marcos dos Santos e Marileide Diniz dos Santos, que foram os principais motivos para que eu pudesse chegar até aqui, que sempre acreditaram em mim por sempre confiarem nas minhas decisões e por serem os melhores exemplos de ser humanos e profissionais que eu poderia ter.

Ao meu irmão, pai e amigo Riosny Rennan Santos Diniz, pela força, amizade e companheirismo durante essa minha jornada, por sempre diante de qualquer problema estar disposto a me ajudar tornando possível a realização de tantas coisas.

A minha irmã e aos meus cunhados Rennale Rayane Santos Diniz de Almeida, Renato César e Sylvia Raphaela por sempre estar presente, pela força e pela ajuda sempre que precisei.

Aos meus sobrinhos Rafael Diniz e Samuel Davi por serem minha fonte de alegria, por me darem vontade de continuar na caminhada.

Ao CDSA/UFCG - Campus de Sumé pela oferta do curso.

A minha Orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Leide Silva de Alencar, pela oportunidade que me deu, por todos os anos que me permitiu aprender, pela calma, pelo respeito a mim ofertado, pela dedicação, pelo apoio que sem ele não seria possível à realização desse trabalho e de tantos outros e por ter se tornado um grande exemplo de profissional e mulher.

A Prof.<sup>a</sup> Dra. Joelma Sales dos Santos, pelo carinho, compreensão, amizade que por tantas vezes me ajudou com palavras de incentivo, palavras essas que levarei durante a minha vida pessoal e profissional.

A Coordenação do Curso de Engenharia de Biosistemas, exercido, pelo Prof. Dr. Ranoel José de Sousa Gonçalves, por sempre estar disposto a ajudar e por sua amizade.

As professoras do Campus Prof.<sup>a</sup> Dra. Aldinete Bezerra Barreto Anastácio e Prof.<sup>a</sup> Dra. Fabiana Pimentel Macedo de Farias por todo respeito e demonstração de carinho comigo.

Ao professor e amigo Prof. Ms. Nahum Isaque dos Santos Cavalcante por toda ajuda acadêmica e pessoal, pelas primeiras oportunidades, por sempre confiar no meu trabalho e por toda consideração a mim e a minha família.

A minha grande amiga e companheira de jornada, Shayenny Alves de Medeiros, que esteve presente durante todo o curso, em todos os momentos me ajudando a superar pequenos e grandes obstáculos.

Ao meu namorado e amigo Lucas Wagner pelas palavras de apoio, por torcer por mim e por em muitos momentos tornar essa jornada mais leve.

Aos grandes amigos de longa jornada Beatriz Diniz, Luana Caroline, Jessyca Anathalya e Maria José Elaine por todas as palavras de incentivo e por todos os momentos no qual se fizeram presentes da forma possível.

Aos meus colegas/amigos Júlio César, Crisóstomo Hermes, Julia Luzia, Jefferson Pedro, Luana Cristina, Renato Luiz e Herlanne Porto, que surgiram em minha vida para somar e fortalecer ainda mais meus anseios e realizações e a todos os demais colegas de curso.

A todos os funcionários do Campus, entre técnicos e terceirizados que colaboraram de forma direta e indiretamente para que pudesse chegar aonde eu cheguei.

## RESUMO

O geoprocessamento tornou-se uma importante ferramenta para espacializar e monitorar os recursos naturais sobretudo, os recursos hídricos, devido à possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas, grande parte deles gratuitos. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de eventos El Niño, especialmente os megaeventos, nas precipitações pluviométricas e nos sistemas hídricos do Cariri Ocidental paraibano, através de técnicas de geoprocessamento. Os dados adquiridos foram de natureza orbitais (imagens multiespectrais dos satélites Landsat 5 e 8); censitários (população municipal, densidade demográfica, perfil dos municípios, PIB e IDH) e pluviométricos. A organização e o tratamento das diversas informações foram realizados com o auxílio de Sistema de Informação Geográfica (Spring 5.3), obtendo também um banco de dados multitemporal. As ferramentas de geotecnologias foram aplicadas no mapeamento dos recursos hídricos da microrregião do Cariri Ocidental paraibano, sendo os resultados analisados em conjunto com os dados pluviométricos, de forma espacial e temporal (período de 1990 a 2017). Os resultados comprovaram que houve uma diminuição da precipitação pluviométrica durante os anos que ocorreram El Niño de intensidade forte, ocasionando mudanças significativas no regime das chuvas médias anuais da área estudada. Observou-se também redução significativa na área ocupada pelos corpos hídricos principalmente nos últimos sete anos. As informações obtidas e metodologias aplicadas neste trabalho podem vir a colaborar e subsidiar políticas públicas nas tomadas de decisões sobre a recuperação, o manejo e ou uso desse recurso tanto para regiões do Cariri Ocidental paraibano, como para as demais áreas semiáridas.

**Palavras-chave:** Escassez hídrica. Semiárido nordestino. Precipitações. SIGs.



## ABSTRACT

Geoprocessing has become an important tool for spatializing and monitoring natural resources, especially water resources, due to the possibility of acquiring data on large geographical areas, most of which are free of charge. In the light of the above, the objective of this work was to evaluate the influence of El Niño events, especially mega events, on rainfall and water systems in Western Cariri, through geoprocessing techniques. The acquired data were of orbital nature (multispectral images of the Landsat satellites 5 and 8); (municipal population, population density, profile of municipalities, GDP and HDI) and rainfall. The organization and the treatment of the diverse information were realized with the aid of Geographic Information System (Spring 5.3), obtaining also a multitemporal database. Geotechnology tools were applied in the mapping of the water resources of the western Cariri micro region, and the results were analyzed in conjunction with the rainfall data, spatially and temporally (1990 to 2017). The results showed that there was a decrease in precipitation during the years that occurred El Niño of strong intensity, causing significant changes in the average annual rainfall regime of the studied area. There was also a significant reduction in the area occupied by water bodies, mainly in the last seven years. The information obtained and methodologies applied in this work can collaborate and subsidize public policies in the decision making on the recovery, management and or use of this resource both in the Western Cariri region of Paraíba and in the other semiarid areas.

**Key words:** Water scarcity. Northeastern semi-arid. Precipitations. SIGs.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo .....	21
<b>Figura 2.</b> Mapa da classificação climática de Koppen no Estado da Paraíba.....	26
<b>Figura 3.</b> Esboço da vegetação da Paraíba.....	27
<b>Figura 4.</b> Espécies características da região. (A) AROEIRA ( <i>Schinus terebinthifolius</i> ); (B) ANGICO ( <i>Anadenanthera colubrina</i> ); (C) JUAZEIRO ( <i>Ziziphus joazeiro</i> ).....	28
<b>Figura 5.</b> Transposição do Rio São Francisco.....	31
<b>Figura 6.</b> Precipitações pluviométricas anuais dos municípios de: Amparo; Assunção, Camalaú, Congo, Coxixola, Livramento para o período de 2004 a 2017.....	37
<b>Figura 7.</b> Precipitações pluviométricas anuais dos municípios de: Monteiro, Ouro Velho, Parari, Prata, João do Tigre, S. J. dos Cordeiros, S. S. do Umbuzeiro, Serra Branca para o período de 2000 a 2017.....	38
<b>Figura 8.</b> Precipitações pluviométricas anuais dos municípios de: Sumé, Taperoá e Zabelê para o período de 2000 a 2017.....	39
<b>Figura 9.</b> CMA obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B1 (B); dos anos de 1990.....	41
<b>Figura 10.</b> CMA obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B1 (B); dos anos de 2017.....	42
<b>Figura 11.</b> Volume dos principais açudes do Cariri Ocidental: Cordeiro, Taperoá, Porções, Serra Branca e Sumé para o período de 2008- 2018.....	44
<b>Figura 12.</b> Mapa dos sistemas hídricos da microrregião do Cariri Ocidental para os anos de 1990 e 2017.....	45

## LISTAS DE QUADRO, GRÁFICO E TABELAS

<b>Quadro 1.</b> Perfil básico dos municípios pertencentes ao Cariri Ocidental paraibano.....	23
<b>Gráfico 1.</b> Precipitações Pluviométricas médias do Cariri Ocidental, de 1994 á 2017.....	35
<b>Tabela 1.</b> Características socioeconômicas dos municípios da microrregião do Cariri Ocidental.....	25
<b>Tabela 2.</b> Capacidade máxima e volume médio nos principais açudes da microrregião do Cariri Ocidental .....	30
<b>Tabela 3.</b> Anos de ocorrência do evento El Niño para o período de 1994- 2016 .....	32
<b>Tabela 4.</b> Análise comparativa das áreas ocupadas por recursos hídricos para a microrregião do Cariri Ocidental paraibano para os anos de 1990 e 2017.....	43.

## **LISTA DE SIGLAS**

**AESA** – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

**BSH**- Semiárido Quente

**CMA** - Composição Multiespectral Ajustada

**CPTEC** – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

**ENOS**- El Niño-Oscilação Sul

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IDH** – Índice de Desenvolvimento Humano

**INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**IVDN** – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

**LANDSAT** – Land Remote Sensing Satellite

**OLI**- Operacional Terra Imager

**PB** – Paraíba

**PDRH-PB** – Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba

**SDT**- Índice de Desenvolvimento Territorial

**SIG** – Sistema de Informações Geográficas

**SPRING** – Sistema para Processamento de Informações Georreferenciados

**TM**- Thematic Mapper

**TSM** – Temperatura da Superfície do Mar

**UFMG** – Universidade Federal de Campina Grande

**ZEE**- O Zoneamento Ecológico e Econômico

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 GERAL .....	16
2.2 ESPECÍFICOS .....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
3.1. RECURSOS HÍDRICOS.....	17
3.2. USO DE GEOTECNOLOGIAS NO MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	18
3.3. EL NIÑO E AS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DO NORDESTE.....	18
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
4.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
4.2. .PERFIL BÁSICO DOS MUNICÍPIOS.....	22
4.3. DENSIDADE DEMOGRÁFICA.....	25
4.4. CLIMA .....	26
4.5. VEGETAÇÃO.....	27
4.6. RELEVO.....	28
4.7. SOLO.....	28
4.8. RECURSOS HÍDRICOS.....	29
4.9. LEVANTAMENTO DOS DADOS CLIMÁTICOS.....	31
4.10. MAPEAMENTO DOS SISTEMAS HÍDRICOS.....	32
4.11. PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS.....	33
4.11.1. Registro.....	33
4.11.2 Mosaico.....	34
4.11.3 Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + banda 1.....	34
4.11.4. Classificação das imagens.....	34

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
5.1. INFLUÊNCIA DO EL NIÑO SOBRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO CARIRI OCIDENTAL.....	35
5.2. MAPEAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CARIRI OCIDENTAL ATRAVÉS DO IVDN PARA OS ANOS DE 1990 E 2017. ....	39
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água, um bem finito e cada vez mais escasso que está enfrentando problemas de quantidade e de qualidade, não é somente um elemento imprescindível à vida, mas também fator condicionante do desenvolvimento econômico e do bem estar social.

Situado no extremo leste da região Nordeste, a Paraíba é um dos estados do Brasil, com grande deficiência hídrica associada às, mas distribuições de chuva durante o ano e exploração econômica desordenada têm provocado à degradação dos solos, a diminuição de espécies vegetal e animal, contribuindo para um processo bastante significativo de desertificação, reduzindo drasticamente a capacidade produtiva agropecuária do Estado.

A redução na quantidade de água disponível para utilização humana é um tema atual e relevante que trás a problemática em administrar e gerir esse recurso em âmbito regional e mundial. A realidade do semiárido é que a disponibilidade de água terá alguns fatores influenciadores que vão desde as condições climáticas como também o formato e a capacidade dos reservatórios disponíveis. Nos anos de seca a disponibilidade de água diminui, comprometendo sua qualidade, nestes casos o fornecimento de água passa a ser feito por carros pipas (BARRETO, et. al.,2010).

As chuvas irregulares e más distribuídas é uma das características naturais do clima semiárido, e sempre ele estará sujeito a secas periodicamente. Esta problemática está associada a três fenômenos: à temperatura da água do oceano atlântico, ao “El Niño”, pelo aquecimento das águas do oceano pacífico e à baixa umidade atmosférica. Assim, para a população dessas áreas conviverem melhor nessas condições faz-se necessário à adoção de tecnologias de captação da água da chuva para usá-las tanto nos veranicos que ocorrem no período chuvoso como após este período (SANTOS e ALENCAR, 2015).

Segundo Oliveira et al. (2015) a diminuição do índice de pluviosidade sob o efeito do El Niño na região Nordeste é um fenômeno climatológico natural que comina com o aumento do índice de pluviosidade na região Sul do Brasil.

O uso do geoprocessamento é crescente para estudos ambientais isto se deve à capacidade de considerar de forma integrada diferentes variáveis no espaço e suas alterações temporais em uma base de dados georreferenciada (FERREIRA, 2011). Ao permitir a integração de dados espaciais e não espaciais e pela sua capacidade de realizar análises

baseadas nesses dados, um Sistema de Informações Geográficas (SIG), é uma ferramenta de indispensável utilização no gerenciamento de bacias hidrográficas.

Diante do exposto pode-se perceber a importância de estudos ambientais eficientes e o potencial do uso das geotecnologias, principalmente pela grande possibilidade de geração de informações que podem proporcionar um melhor entendimento da dinâmica dos recursos hídricos e sua espacialização, o que poderá auxiliar na criação de políticas públicas consistentes para a solução dos problemas ambientais relacionados à escassez hídrica



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. GERAL

Avaliar a influência de eventos El Niño, especialmente os megaeventos, nas precipitações pluviométricas e nos sistemas hídricos do Cariri Ocidental paraibano, através de técnicas de geoprocessamento.

### 2.2. ESPECÍFICOS

- i) Realizar o processamento digital das Imagens;
- ii) Analisar espaço-temporalmente a rede de drenagem relacionando-a aos eventos El Niño;

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. RECURSOS HÍDRICOS

A água cada vez mais, é utilizada como estratégia em projeto de desenvolvimento, administração de conflitos e proteção do meio ambiente. Essas informações justificam o surgimento de bacias hidrográficas como unidade ecológica definida em lei, sendo um espaço para planejamento e condução dos recursos naturais no Brasil. À gestão dessas bacias estabelece um equilíbrio entre as demandas hídricas para o consumo humano, animal e irrigação. Dentre os fatores explorados no manejo de bacias hidrográficas o mais nobre é a determinação de que todos terão igual direito aos recursos hídricos com prioridade para o abastecimento de água para consumo doméstico (KURTZ, et al 2006).

Até 2025 dois terços da população mundial estarão vivendo em condições de escassez de água segundo previsões do Programa Ambiental das Nações Unidas, caso os hábitos de desperdício e degradação dos recursos hídricos não se modifiquem (SCARE, 2003).

Já é sabido que as chuvas do semiárido da região Nordeste apresentam enorme variabilidade espacial e temporal. Anos de secas e chuvas abundantes se alternam e grandes são as secas de 1710-11, 1723-27, 1736-57, 1744-45, 1777-78, 1808-09, 1824-25, 1835-37, 1844-45, 1877-79, 1982-83, 1997-98, assim como secas menores em 2003 e 2005. A ocorrência de chuvas, por si só, não garante que as culturas de subsistência de sequeiro serão bem-sucedidas, e um veranico ou período seco dentro da quadra chuvosa pode ter impactos bastante adversos à agricultura da região. No semiárido é frequente a ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa que, dependendo da intensidade e duração, provocam fortes danos nas culturas de subsistência (MARENGO, 2008).

No semiárido nordestino o regime de chuvas se caracteriza pela elevada irregularidade espacial e temporal. É comum constatar chuva em um local e muito próximo dali não chover nenhum milímetro. Há anos em que as chuvas se concentram em um a dois meses e em outros chovem torrencialmente. Essas características são típicas do regime pluvial nas diferentes microrregiões do estado da Paraíba, além disso, as estações chuvosas ocorrem de forma diferenciada, em quantidade, distribuição e duração (ALMEIDA E SOUSA NETO, 2005).

### 3.2. USO DE GEOTECNOLOGIAS NO MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A observação da distribuição espacial da ocupação do solo, tanto em áreas urbanas quanto rurais, é fundamental para a tomada de decisão, com objetivo de definir políticas públicas e privadas. A forma de se obter informações pode ser trivial, seja através de questionários, ou de imagens da paisagem. Diferentes metodologias de avaliação têm por característica uma concepção dinâmica do meio ambiente, considerando a paisagem natural e a ação antrópica, removendo e recriando seus elementos (ASSAD, 2005).

Quando se trata de grandes áreas e principalmente de difícil acesso, a disponibilidade de dados é escassa e a realização de novos levantamentos de campo ou expansão da rede de monitoramento é onerosa. No Brasil esse problema é recorrente, face às dimensões continentais, diversidade de paisagens e de áreas remotas, como Cerrado e Amazônia. Uma alternativa para preencher a lacuna da disponibilidade de dados coletados em campo é a geração de informações a partir de dados geoespaciais, os quais têm relativamente baixo custo de aquisição e podem ser disponibilizados quase em tempo real. Outra grande vantagem desses dados em relação aos dados coletados em campo é sua abrangência espacial, comparada à representação pontual dos dados de campo (NOGUEIRA, 2012).

Assim, devido à possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas, grande parte deles gratuitos, o geoprocessamento tornou-se uma importante ferramenta para espacializar e monitorar os recursos naturais (sobretudo, os recursos hídricos), as atividades antrópicas e as consequências destas atividades sobre a superfície terrestre (MORTON et al, 2006). A identificação e o monitoramento dos processos de degradação dos recursos hídricos em escalas regionais e nacionais são necessários de forma a dimensionar de forma ampla e eficiente a magnitude do problema e com isso subsidiar as políticas públicas nas tomadas de decisões sobre a recuperação, o manejo e ou uso desses recursos (MILNE et al, 2007).

### 3.3. EL NIÑO E AS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DO NORDESTE

O El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Na atualidade, as anomalias do sistema climático que são mundialmente conhecidas como El Niño e La Niña representam uma alteração do sistema

oceano-atmosfera no Oceano Pacífico tropical, e que tem consequências no tempo e no clima em todo o planeta. Nesta definição, considera-se não somente a presença das águas quentes da corrente El Niño mas também as mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, com o enfraquecimento dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste) na região equatorial. Com esse aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade, e, portanto variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo também são observados aumento ou queda de temperatura (CPTEC, 2016).

De acordo com Sousa (2007), durante a ocorrência do fenômeno "El Niño", os ventos alísios se enfraquecem nas regiões ocidental e central do Pacífico Tropical, aumentando assim, a profundidade das águas quentes que atingem o leste e diminuindo esta profundidade no oeste. Como resultado deste fenômeno ocorre uma elevação na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na costa do Pacífico Tropical Oriental (Peru e Equador) e um declínio drástico na sua produtividade primária, afetando a atividade pesqueira comercial nesta região. As chuvas seguem a água quente em direção ao leste, resultando em grandes mudanças na circulação da atmosfera global, provocando mudanças no clima em regiões afastadas do pacífico Tropical, como enchentes no Peru e seca na Indonésia e Austrália.

O El Niño traz impactos que atingem diferentemente suas regiões, assim, no Norte ocorre diminuição das precipitações e secas, aumentando o risco de incêndios florestais; na Região Nordeste há secas severas; no Centro Oeste não há evidências de efeitos pronunciados nas chuvas; no Sudeste ocorre um aumento moderado das temperaturas médias e, na Região Sul, ocorrem precipitações abundantes, principalmente na primavera e chuvas intensas de maio a julho, além de aumento da temperatura média (SOUZA, 2007).

Como as variações na pluviometria, principalmente, na duração e na intensidade dessas precipitações ao longo dos anos no Nordeste do Brasil em grande parte influenciada pelo evento climatológico o El Niño, desempenha um papel relevante na organização das atividades rurais, seja pela sua influência na produção e produtividade agrícola ou como recurso econômico no processo de produção, através da territorialização da tecnologia (PEREIRA et al., 2012).

Para Araújo et al., (2013) o desempenho favorável do setor agrícola depende sobremaneira de condições ambientais adequadas.

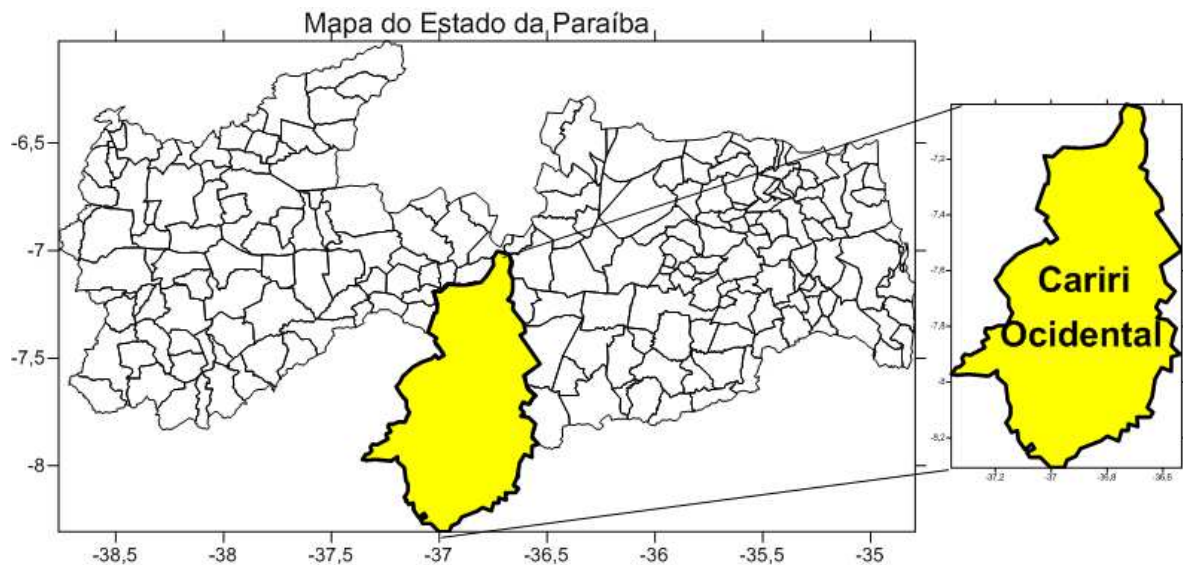
Para direcionar uma área para produção agrícola, é necessário que se tenha um conhecimento com relação à avaliação de impactos ambientais, analisando-se os contextos ecológicos, econômicos e sociais. A temporalidade constitui uma ferramenta suporte para identificar e discriminar a paisagem.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na microrregião do Cariri Ocidental paraibano, localizado no centro do estado da Paraíba. Abrange uma área de 7.075,10 km<sup>2</sup> (STI, 2013). É composta por 17 municípios, sendo eles: Amparo, Assunção, Camalaú, Congo, Coxixola, Livramento, Monteiro, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé, Taperoá, Zabelê, Ouro Velho, Parari, Prata e São José dos Cordeiros (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da área de estudo.



Fonte: ALENCAR, 2017.

A população total da área em estudo é de 114.011 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE (2010), apresentando uma densidade demográfica média de 17,10 hab/km<sup>2</sup>. O índice de desenvolvimento Humano- IDH médio da região é de 0,597, tendo como os mais antigos municípios desta microrregião os municípios de Monteiro e Taperoá fundados em 1872 e 1886 respectivamente enquanto Amparo; Assunção; Coxixola; Parari e Zabelê foram os emancipados mais recentemente, em 1994.

#### 4.2. PERFIL BÁSICO DOS MUNICÍPIOS

No Quadro 1 a seguir está apresentado os dados referentes ao perfil básico dos municípios que fazem parte do território Cariri Ocidental paraibano, de acordo com o registro preliminar elaborado pelo Fórum de Desenvolvimento Sustentável do Território do Cariri desenvolvido por uma ação conjunta entre a Secretaria de Desenvolvimento Territorial- SDT e do Ministério do Desenvolvimento Agrário.

**Quadro 1** - Perfil Básico dos Municípios pertencentes ao Cariri Ocidental paraibano.

Município	Distância da Capital (km)	Área (km <sup>2</sup> )	Limites				População Total (hab.)
			Norte	Sul	Leste	Oeste	
<b>Amparo</b>	335,7	121,98	São José dos Cordeiros e PE	Sumé	Sumé	Prata e Ouro Velho	2.088
<b>Assunção</b>	229,2	126,43	Junco do Seridó	Taperoá	Juazeirinho e Tenório	Salgadinho e Junco do Seridó	3.522
<b>Camalaú</b>	331,7	543,69	Sumé e Congo	São João Tigre e S. S. Umbuzeiro	PE	Monteiro	5.749
<b>Congo</b>	319,7	333,47	Coxixola e Serra Branca	Camalaú e PE	Caraúbas	Camalaú e Sumé	4.687
<b>Coxixola</b>	246,8	169,88	Serra Branca	Congo e Caraúbas	São João do Cariri	São João do Cariri	1.771
<b>Livramento</b>	280,8	270,75	Taperoá	São José dos Cordeiros	São José dos Cordeiros	Desterro e PE	7.164
<b>Monteiro</b>	319,3	986,36	Sumé e Prata	Zabelê e São Seb. Do Umbuzeiro	Sumé e Camalaú	PE	30.852
<b>Ouro Velho</b>	328,7	129,40	PE	Prata	Amparo	PE	2.928
<b>Parari</b>	247,8	207,69	Santo André e Taperoá	Serra Branca	São João do Cariri e Gurjão	São José dos Cordeiros	1.256
<b>Prata</b>	314,7	192,01	Ouro Velho e Amparo	Monteiro	Sumé	PE	3.854
<b>São João do Tigre</b>	375,3	816,12	Camalaú	PE	PE	São Sebastião do Umbuzeiro	4.396
<b>São José dos Cordeiros</b>	270,8	376,79	Taperoá e Livramento	Sumé e Amparo	Parari e Serra Branca	PE	3.985
<b>São Sebastião do Umbuzeiro</b>	353,3	460,57	Camalaú, Zabelê e Monteiro	PE	São João Tigre	PE	3.235

Fonte: Adaptado do Fórum de Desenvolvimento Sustentável do Território do Cariri, 2005.



**Quadro 1** - Perfil Básico dos Municípios pertencentes ao Cariri Ocidental paraibano. Continuação

Município	Distância da Capital (km)	Área (km <sup>2</sup> )	Limites				População Total (hab.)
			Norte	Sul	Leste	Oeste	
<b>Serra Branca</b>	230,8	687,54	Parari e São José Cordeiros	Congo e Coxixola	São João do Cariri	Sumé	12.973
<b>Sumé</b>	281,7	838,07	São José dos Cordeiros	Camalaú, Monteiro	Prata, Amparo e Monteiro	Serra Branca e Congo	16.060
<b>Taperoá</b>	250,8	628,41	Assunção, Areia, Baraúnas e Salgadinho	Livramento Parari e São José Cordeiros	Parari, Santo André e Juazeirinho	Cacimbas	14.936
<b>Zabelê</b>	340,3	109,39	Monteiro	São S. do Umbuzeiro	São S. do Umbuzeiro	PE	2.075

Fonte: Adaptado do Fórum de Desenvolvimento Sustentável do Território do Cariri, 2005.

### 4.3. DENSIDADE DEMOGRÁFICA

O município do Cariri Ocidental com maior densidade demográfica é Monteiro (31,28 hab./km<sup>2</sup>), seguido de Assunção (27,86 hab./km<sup>2</sup>), Livramento (26,46 hab./km<sup>2</sup>) e Taperoá (23,77 hab./km<sup>2</sup>). Já os municípios com menores densidades são: São João do Tigre (5,39 hab./km<sup>2</sup>), Pararí (6,05 hab./km<sup>2</sup>) e São Sebastião do Umbuzeiro (7,02 hab./km<sup>2</sup>) (Tabela 1).

**Tabela 1-** Características socioeconômicas dos municípios da microrregião do Cariri Ocidental.

Município	População (hab.)	Densidade Demográfica (hab./km <sup>2</sup> )	PIB (*)	IDH (**)
Amparo	2.088	17,12	Administração e Serviços Públicos	0,606
Assunção	3.522	27,86	Administração e Serviços Públicos	0,609
Camalaú	5.749	10,98	Administração e Serviços Públicos	0,567
Congo	4.687	14,06	Administração e Serviços Públicos	0,581
Coxixola	1.771	10,43	Administração e Serviços Públicos	0,641
Livramento	7.164	26,46	Administração e Serviços Públicos	0,566
Monteiro	30.852	31,28	Serviços- Exceto administração e serviços Públicos	0,628
Ouro Velho	2.928	22,63	Administração e Serviços Públicos	0,614
Parari	1.256	6,05	Administração e Serviços Públicos	0,584
Prata	3.854	20,07	Administração e Serviços Públicos	0,608
São João do Tigre	4.396	5,39	Administração e Serviços Públicos	0,552
São José dos Cordeiros	3.985	10,58	Administração e Serviços Públicos	0,556
São S. do Umbuzeiro	3.235	7,02	Administração e Serviços Públicos	0,581
Serra Branca	12.973	18,87	Administração e Serviços Públicos	0,628

\* Produto Interno Bruto

\*\* Índice de Desenvolvimento Humano.

Fonte: IBGE (2010).

**Tabela 1-** Características socioeconômicas dos municípios da microrregião do Cariri Ocidental. Continuação.

Município	População (hab.)	Densidade Demográfica (hab./km <sup>2</sup> )	PIB (*)	IDH (**)
Sumé	16.060	19,16	Administração e Serviços Públicos	0,627
Taperoá	14.936	23,77	Administração e Serviços Públicos	0,578
Zabelê	2.075	18,97	Administração e Serviços Públicos	0,623
<b>TOTAL</b>	<b>114.011</b>	<b>290,67</b>	-	<b>10,149</b>
<b>MÉDIA</b>	-	<b>17,10</b>	-	<b>0,597</b>

\* Produto Interno Bruto

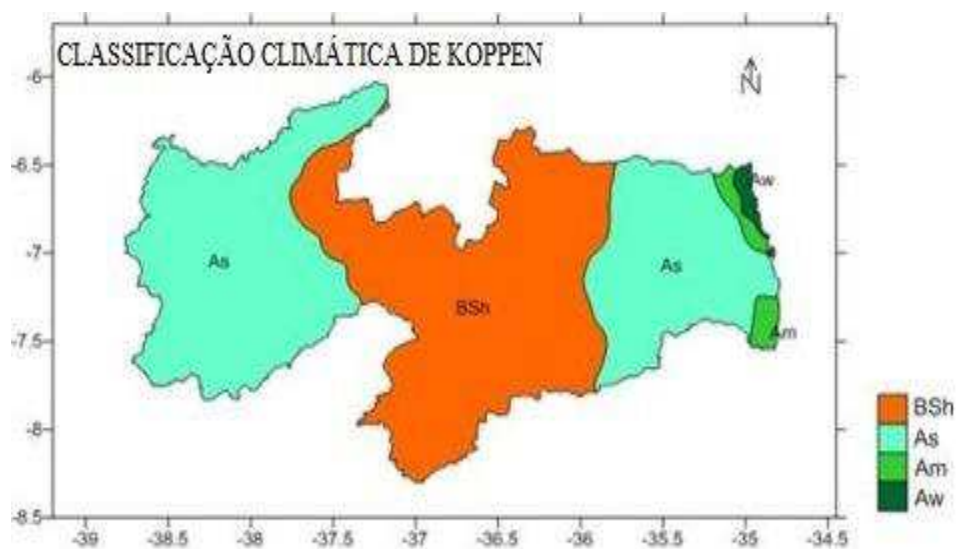
\*\* Índice de Desenvolvimento Humano.

Fonte: IBGE (2010).

#### 4.4. CLIMA

De acordo com a classificação de Köppen (PDRH-PB, 1996), o clima predominante na região é do tipo Bsh (semiárido quente), precipitações médias anuais muito baixas, em torno de 400 mm, com estação seca que pode atingir até 11 meses (Figura 2).

**Figura 2.** Mapa da classificação climática de Köppen no Estado da Paraíba.



Fonte: Research Gate, 2005.

É caracterizado ainda por uma pluviometria que se concentra em 3 a 4 meses do ano, irregularmente distribuídas no tempo e no espaço. As temperaturas médias anuais são relativamente elevadas, 25°C a 27°C, e a insolação média é de 2.800 horas/ano.

A umidade relativa do ar é cerca de 50% e as taxas médias de evaporação são em torno de 2.000 mm/ano.

#### 4.5. VEGETAÇÃO

A vegetação da predominante na área é a caatinga bem como nas regiões como do Curimataú, Seridó e Sertão juntas recobrimo em 65% o território do estado da Paraíba. Tal vegetação é apresentada por xerófilas, cactáceas, caducifólias e aciculifoliadas. Podem ser divididas em hiperxerófila (Figura 3), áreas mais secas como a do Cariri, Seridó e Curimataú, ou hipoxerófila nas proximidades do Agreste e no Sertão (BLOGPOT, 2010).

**Figura 3.** Esboço da vegetação da Paraíba.

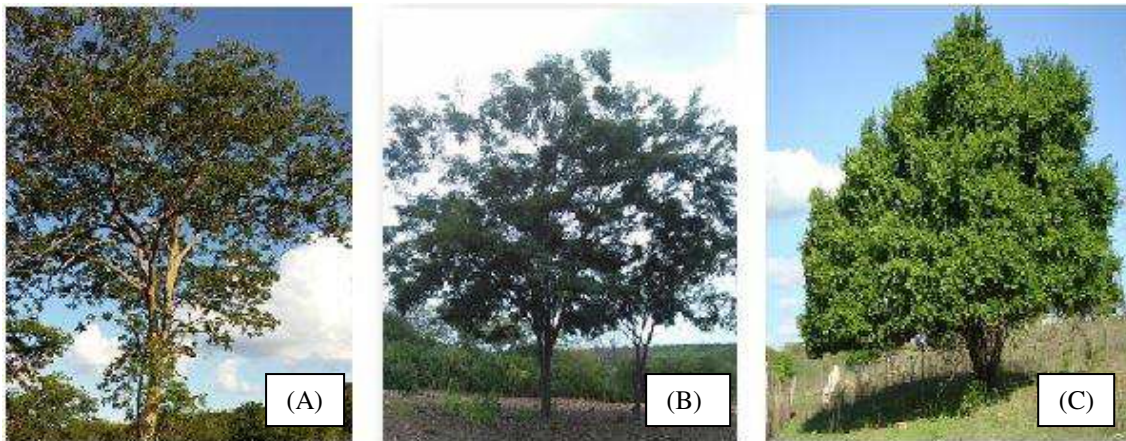


Fonte: Brasil 1972 – modificado

Entre as espécies estão: xiquexique (*Pilosocereus gounellei*); mandacaru (*Cereus jamacaru*); macambira (*Bromelia laciniosa*); baraúnas (*Schinopsis brasiliensis*); aroeira (*Schinus terebinthifolius*); angico (*Anadenanthera colubrina*); umbuzeiro (*Spondias*

tuberosa); juazeiros (*Ziziphus joazeiro*) e outros (SOBRINHO e FALCÃO, 2006). O porte característico da área é baixo e médio, na Figura 4 é possível observar alguns exemplos de espécies mais comuns na região.

**Figura 4.** Espécies características da região. (A) AROEIRA (*Schinus terebinthifolius*); (B) ANGICO (*Anadenanthera colubrina*); (C) JUAZEIRO (*Ziziphus joazeiro*).



Fonte: Farias (2016).

Esses aspectos climatológicos tornam a caatinga uma formação complexa do ponto de vista espacial, onde sua fisionomia varia bastante dentro do semiárido Nordeste, o que resulta na configuração espacial de comunidade-tipo na caatinga (ALVES, 2009).

#### 4.6. RELEVO

O relevo do cariri paraibano é tido como residual, que se caracteriza por ser uma elevação topográfica que se destaca numa superfície de aplanamento resultante da ação diferenciada da erosão (ZEE, 2011).

#### 4.7. SOLO

Os solos predominantes no Cariri são os brunos não cálcicos e os litólicos. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS em geral são rasos, com espessura inferior a 50 cm, possuindo, em geral, uma estreita camada de material terroso sobre a rocha, ocorrendo

mais frequentemente, em áreas de relevo acidentado. São solos com grande potencial para aproveitamento hidroagrícola, embora necessitem de um manejo eficiente devido a sua tendência a salinização e a solidificação segundo o PTDRS- Plano Territorial De Desenvolvimento Rural Sustentável.

Estes solos apresentam os maiores níveis de degradação. Quando ficam descobertos, por causa da diminuição e do rebaixamento da cobertura vegetal, apresentam fortes sinais de erosão características relatadas no registro preliminar elaborado pelo Fórum de Desenvolvimento Sustentável do Território do Cariri (2005).

#### 4.8. RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos predominantes dessa região são açudes e barragens que estão ficando mais escassos em volume, até mesmo em algumas épocas desaparecessem totalmente. Segundo a Agência Executiva de gestão das Águas do estado da Paraíba (AESA), o cariri ocidental é carente de cursos d'água permanentes, ou seja, cursos de água que tem água o ano todo, característico de regiões semiáridas. Alguns desses açudes são utilizados no abastecimento das populações e rebanhos, irrigação, pesca e em algumas iniciativas de lazer e turismo regional. Esses reservatórios são as principais fontes de água da região e nas ocorrências de estiagens muitos deles entram em colapso, ocasionando conflitos pelo uso dos recursos hídricos e graves problemas de ordem social e econômica, como é o caso do Açude Epitácio Pessoa em Boqueirão.

A principal bacia hidrográfica do Cariri Ocidental é a do rio Paraíba, segunda maior do Estado da Paraíba, com área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, situada entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15" Oeste. Considerada uma das mais importantes do semiárido nordestino, ela é composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba. Na bacia estão incluídas as cidades de João Pessoa, capital do Estado e Campina Grande, seu segundo maior centro urbano.

Os açudes Codeiro, Sumé, Porções, Taperoá II (Manoel Marcionilo), Santo Antônio, São Paulo e o Serra Branca II são os maiores da microrregião com capacidade máxima e volume atual dispostos na Tabela 2. Sendo o açude Cordeiro, localizado no

município do Congo, o maior do Cariri Ocidental e atende a onze municípios da região através da adutora do Congo.

**Tabela 2-** Capacidade máxima e volume médio nos principais açudes da microrregião do Cariri Ocidental.

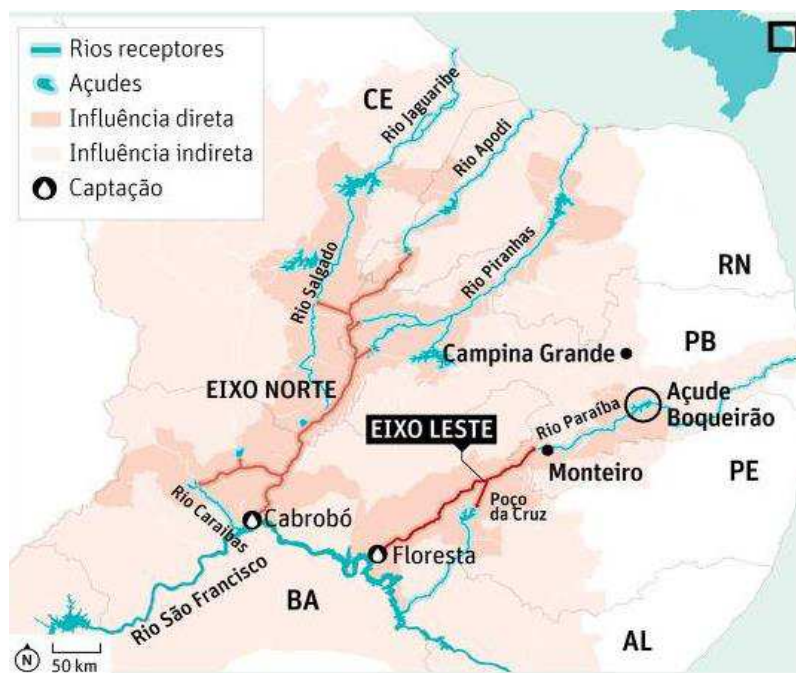
<b>Açudes - Municípios</b>	<b>Capacidade máxima (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume atual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>(%) do Volume</b>	<b>Data</b>
<b>Cordeiro - Congo</b>	69.965.945	4.074.349	5,58	06/12/2018
<b>Taperoá II (Manoel Marcionilo) - Taperoá</b>	15.148.900	8.776.637	57,94	05/12/2018
<b>Porções - Monteiro</b>	29.861.562	3.926.645	13,15	05/12/2018
<b>Serra Branca II - Serra Branca</b>	14.042.568	357.465	2,38	06/12/2018
<b>Sumé - Sumé</b>	44.864.100	1.473.325	3,28	06/12/2018
<b>Santo Antônio – S. S. do Umbuzeiro</b>	24.424.130	8.276.472	33,89	13/12/2018
<b>São Paulo – Prata</b>	8.455.500	660.000	7,81	14/12/2018

Fonte: AESA (2018).

A transposição do rio São Francisco através do eixo leste veio beneficiar açudes do Cariri paraibano, região mais seca do país, as águas transpostas chegaram ao açude de Poções no município de Monteiro, segue para o açude de Sumé e se estende por todo sistema de adutoras existentes no Cariri e Agreste paraibano, onde irão abastecer populações de 89 municípios. Seguindo em torno de 118 km pelo leito do rio Paraíba até o açude Boqueirão, colocando fim em um momento de duro racionamento de água que muitas vezes se dava em apenas um dia de abastecimento por semana, por exemplo, como nos municípios de Monteiro e Campina Grande, entre eles, cerca de trinta e um municípios são abastecidos em grande parte pelas águas do rio São Francisco. A utilização das águas ainda é limitada, principalmente quando direcionada para irrigação, apenas liberada até meio hectare de produção de culturas anuais.

Já o eixo norte tem 260 quilômetros de extensão, distribuído em três etapas: 1N, 2N e 3N com três estações de bombeamento, quinze reservatórios, oito aquedutos e três túneis, tem como objetivo beneficiar cinquenta e cinco municípios na Paraíba (Figura 5).

**Figura 5.** Transposição do Rio São Francisco.



Fonte: Folha de São Paulo, 2018.

De acordo com a bióloga Vera Uhde do Centro de Conservação e Manejo de Fauna e Flora da Caatinga (Cemafauna) a água do rio São Francisco reduziu a salinidade, com reflexos na quantidade e na diversidade de insetos aquáticos, melhorando a qualidade dos açudes que abastecem as cidades próximas como as mais distantes, por meio de carros-pipa.

#### 4.9. LEVANTAMENTO DOS DADOS CLIMÁTICOS

Os dados pluviométricos foram obtidos na AESA para o período de 1994 a 2017,<sup>1</sup> dados esses mensais e anuais de precipitação de todos os municípios incluídos na microrregião do Cariri Ocidental.

Foi tomado como base, além dos dados pluviométricos, dados do fenômeno El Niño, obtidos junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

<sup>1</sup> Dados disponíveis somente a partir desta data.



Utilizando o software EXCEL foi possível foram confeccionados gráficos com os dados de precipitações referentes ao período em estudo. Na sequência avaliou-se a variação temporal de quantidade de chuva acumulada e a média em cada município, como também se obteve a média pluviométrica de toda a microrregião para posteriormente fazer a correlação destes dados aos anos que estavam sobre influência do fenômeno El Niño, de acordo com sua intensidade de acordo com a Tabela 3, e os anos de neutralidade.

**Tabela 3.** Anos de ocorrência e intensidade do evento El Niño para o período de 1994-2016.

ANOS DE EL NIÑO	INTENSIDADE
1994 – 1995	Moderado
<b>1997 -1999</b>	<b>Forte</b>
2002 – 2003	Moderado
2004 – 2005	Fraco
2006 – 2007	Fraco
2009 – 2010	Fraco
2011	Fraco
<b>2012 – 2013</b>	<b>Forte</b>
<b>2015 – 2016</b>	<b>Forte</b>

Fonte: CPTEC, 2017.

#### 4.10. MAPEAMENTO DOS SISTEMAS HÍDRICOS

Para avaliação da mudança espaço-temporal da paisagem (recursos hídricos), referente ao período estudado foram utilizadas imagens dos satélites LANDSAT 5 e 8 de respectivos sensores TM (Thematic Mapper) e OLI (Operacional Terra Imager), com resolução espacial de 30 por 30 metros, da órbita 215 e pontos 65 e 66 com datas de passagens de 15/04/1990 e 05/12/2017 que recobrem a área de estudo.

As imagens foram adquiridas no catálogo do INPE, escolhidas em função da baixa porcentagem de cobertura de nuvens, visto que em imagens com alta concentração de nuvens, faz com que a resposta espectral pode influenciar a interpretação visual e a quantificação entre nuvens e espelhos de água.

#### 4.11. PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS

Para o processamento digital das imagens e elaboração dos mapas temáticos foi criada uma base de dados no SPRING 5.3 (software com banco de dados geográfico de segunda geração, gratuito, desenvolvido pelo INPE). Foram usadas as bandas 5, 4, 3 e 1 dos anos de 1990 do LANDSAT 5 e bandas 6, 5, 4 e 1, de 2017 do LANDSAT 8. A projeção utilizada para o banco de dados foi o Datum/SIRGAS 2000.

A metodologia utilizada neste trabalho, para análise das imagens se baseou no Método Sistemático desenvolvido por Veneziani e Anjos (1992), que consiste em uma sequência de etapas lógicas e sistemáticas que independem do conhecimento prévio da área e da utilização das chaves fotointerpretativas.

Os processos digitais aplicados nas imagens são descritos a seguir:

##### 4.11.1. Registro

O registro associou as coordenadas das imagens (linha, coluna) com as coordenadas geográficas (latitude e longitude). Foi utilizada informações cartográficas (rede de drenagem) no processo de registro das imagens disponíveis na AESA e imagens do LANDSAT 8, que já são georreferenciadas, para auxiliarem na localização da rede hidrográfica da região.

##### 4.11.2. Mosaico

O termo mosaico em Sistema de Informações Geográficas (SIGs) é um sinônimo de junção de imagens ou mapas, ou seja, imagens separados, porém adjacentes, são automaticamente agrupados em uma única imagem.

Como a área do Cariri Ocidental ocupa duas órbitas (215/65 e 215/66) foi necessário fazer o mosaico para cada ano, utilizando imagens de dias de passagens iguais para ambas às órbitas.

#### 4.11.3. Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + Banda 1

Consiste de uma transformação RGB (Red, Green e Blue) onde o canal vermelho estará na banda 3, no verde a imagem IVDN e no azul a banda 1. Nesta combinação as áreas de altos valores de IVDN em verde (ocorrência de vegetação) e as áreas de baixos valores de IVDN aparecerão em vermelho ou azul (ocorrência de solos expostos).

#### 4.11.4. Classificação das Imagens

A classificação adotada neste trabalho foi por regiões de uma imagem segmentada, utilizando o classificador Maxver, que associa classes considerando pontos individuais da imagem, ele considera também a dependência espacial na classificação.

A definição das classes foi feita a partir da análise visual das tonalidades de cinza, na tela do computador. As imagens classificadas foram vetorizadas através da função mapeamento, o que permitiu fazer uma quantificação das diferentes classes de vegetação, solo exposto e dos recursos hídricos para todos os municípios estudados.

Os dados finais foram levados para o SCARTA, módulo disponível dentro do próprio software SPRING 5.3, para confecção final dos mapas a fim de que as legendas fossem inseridas.

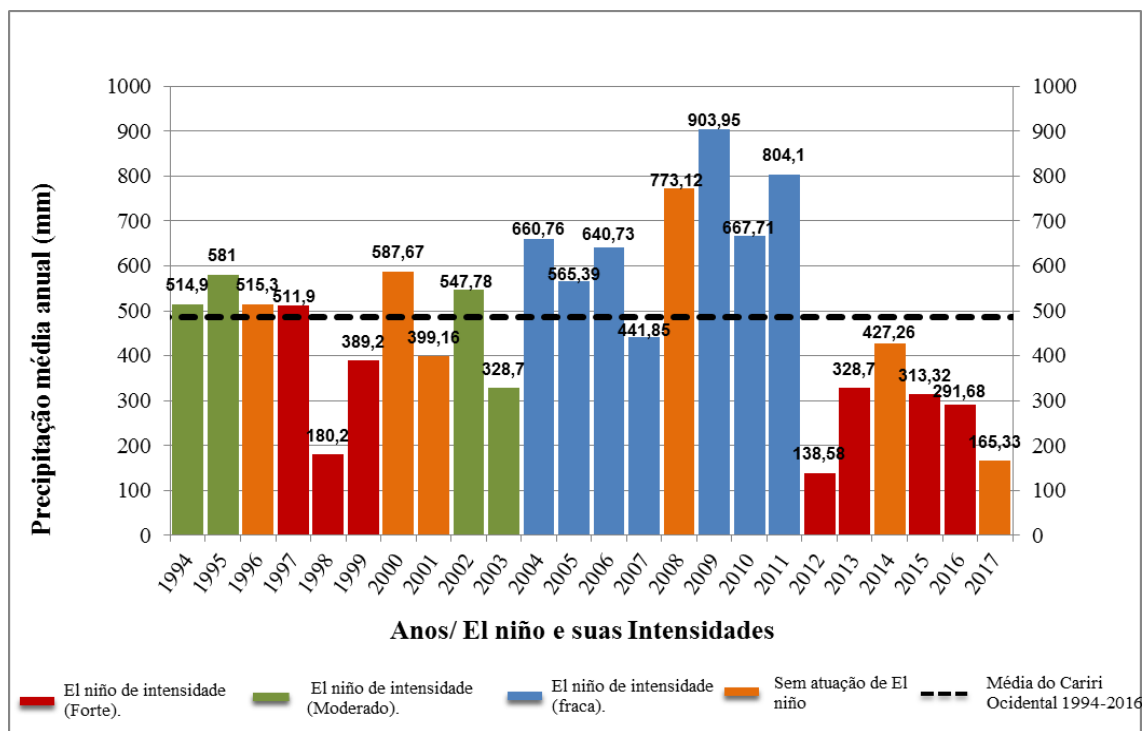
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. INFLUÊNCIA DO EL NIÑO SOBRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO CARIRI OCIDENTAL

Analisando o Gráfico 1 pode-se afirmar que não há uma tendência linear no padrão de precipitação da área em estudo para o período avaliado (1994-2017). É possível observar ainda no histograma que nos anos de El Niño forte ocorreram anos com chuvas abaixo da média. Já os anos 2001 e 2014 que mesmo sendo anos de neutralidade também tiveram chuvas abaixo da média pluviométrica da região, sendo anos de estiagem bastante acentuada, com volumes de precipitações bem próximos aos dos anos de intensidade forte e moderado do El Niño. Isto pode-se explicar em função da atuação de outros fenômenos meteorológicos, como o Dipolo do Atlântico, que possam ter influenciado na distribuição pluviométrica da área.

A média histórica pluviométrica para o período avaliado foi de 486,60 mm. Os anos de 2009, 2010 e 2011 foram os com os maiores volumes de chuvas, anos estes de El Niño de intensidade fraca.

**Gráfico 1.** Precipitações pluviométricas médias do Cariri Ocidental, de 1994 á 2017.



Fonte: A Autora.

Já para os anos 1997/98, 2012/13 e 2015/16, que ocorreram El Niño de intensidade forte, observou-se diminuição da precipitação média anual, estas ficando muito abaixo da média dos anos considerados normais. Sendo o ano de 2012 o ano de menor acúmulo de chuvas na microrregião para o período avaliado, superando os índices baixos observados em 1997/98 que até então sofreu maior influência do evento. Silva (2017), em estudos realizados para analisar a variabilidade da precipitação no Cariri cearense correlacionado aos fenômenos oceânicos do Oceano Pacífico (El Niño e La Niña), também constatou que em 2012 foi um ano muito seco, fato este também estudado por Neto et. al., (2007), em pesquisa realizada para entender os efeitos dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semiárido paraibano, obteve que nos anos de 1997 e 1998 foram anos de grande seca e de El Niño de intensidade forte, sendo a segunda menor precipitação no ano de 1998, atuando de forma mais severa no Cariri do que em outras microrregiões da Paraíba. Santos e Alencar (2015), ressaltaram que o efeito megaevento El Niño 1997/98, poderia ter influência na distribuição das chuvas e que interferiram possivelmente na capacidade de armazenamento dos reservatórios da área estudada.

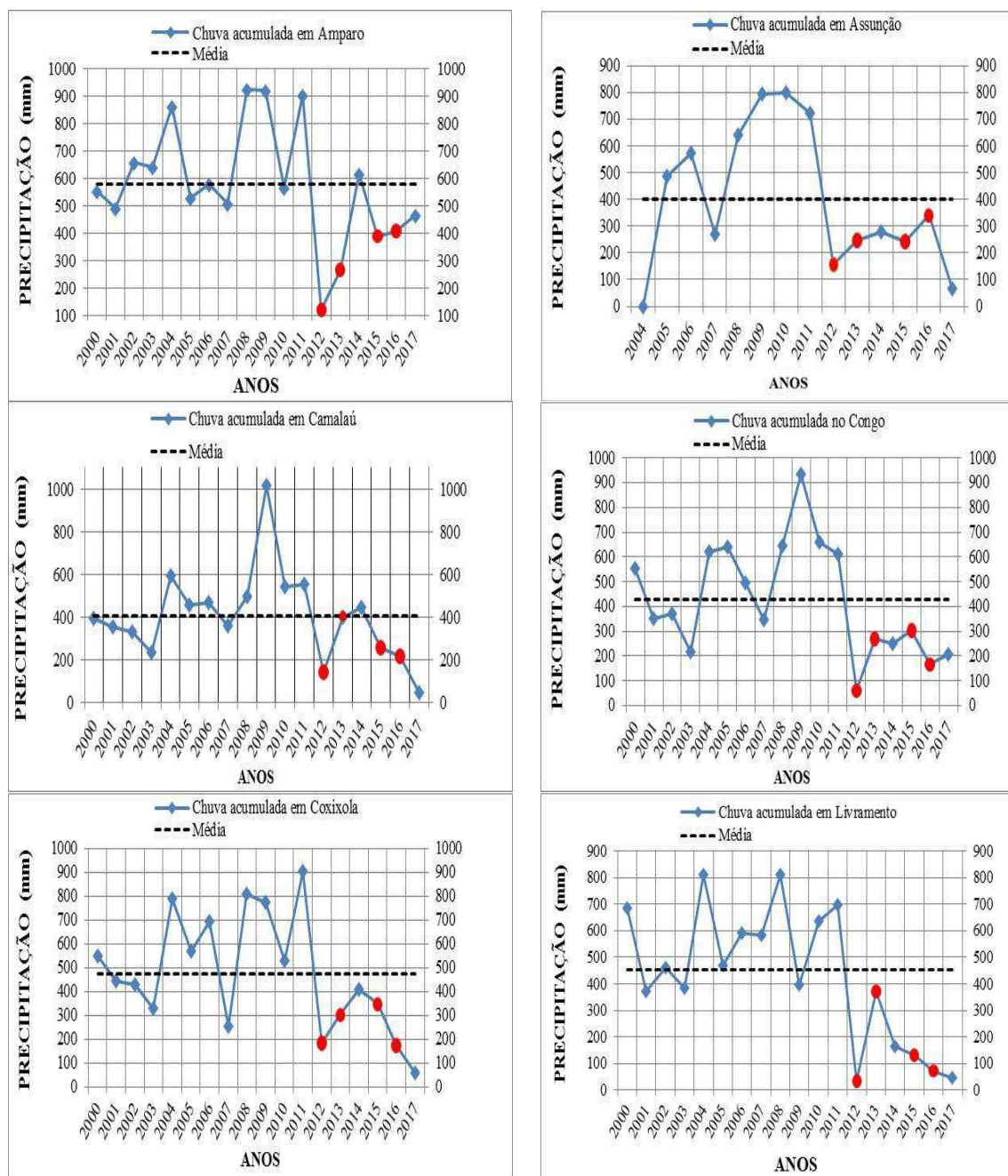
Nascimento e Alves (2008) obtiveram em avaliação da ecoclimatologia do Cariri paraibano que o regime pluviométrico anual é diferente nas várias áreas do Cariri, embora as precipitações pluviais mensais não sejam elevadas, a época do ano mais chuvosa localiza-se no equinócio de outono (abril) e a menos chuvosa no equinócio de primavera (outubro). Outro aspecto observado por eles é que a época mais chuvosa concentra-se na época mais quente do ano em torno do mês de janeiro, e são escassas na época mais fria, em torno do mês de julho e que a região do Cariri Ocidental apresentou-se numa escala global, de forma privilegiada em relação ao Cariri Oriental, com regime de precipitação pluvial bem maior.

Pereira et al. (2011) trabalhando com avaliação da influência dos fenômenos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica da cidade de Mossoró-RN, observou que, 52% dos dados de pluviometria se apresentaram abaixo valores abaixo da média histórica para os anos que estavam sobre influência do fenômeno climático El Niño.

A partir da análise dos dados dispostos nas Figuras 7 e 8, se constatou que as precipitações dos municípios pertencentes à microrregião do Cariri Ocidental paraibano,

para o período 2000-2017<sup>2</sup>, estão abaixo da média histórica (486,60 mm) para os anos sobre influência de El Niño de intensidade forte.

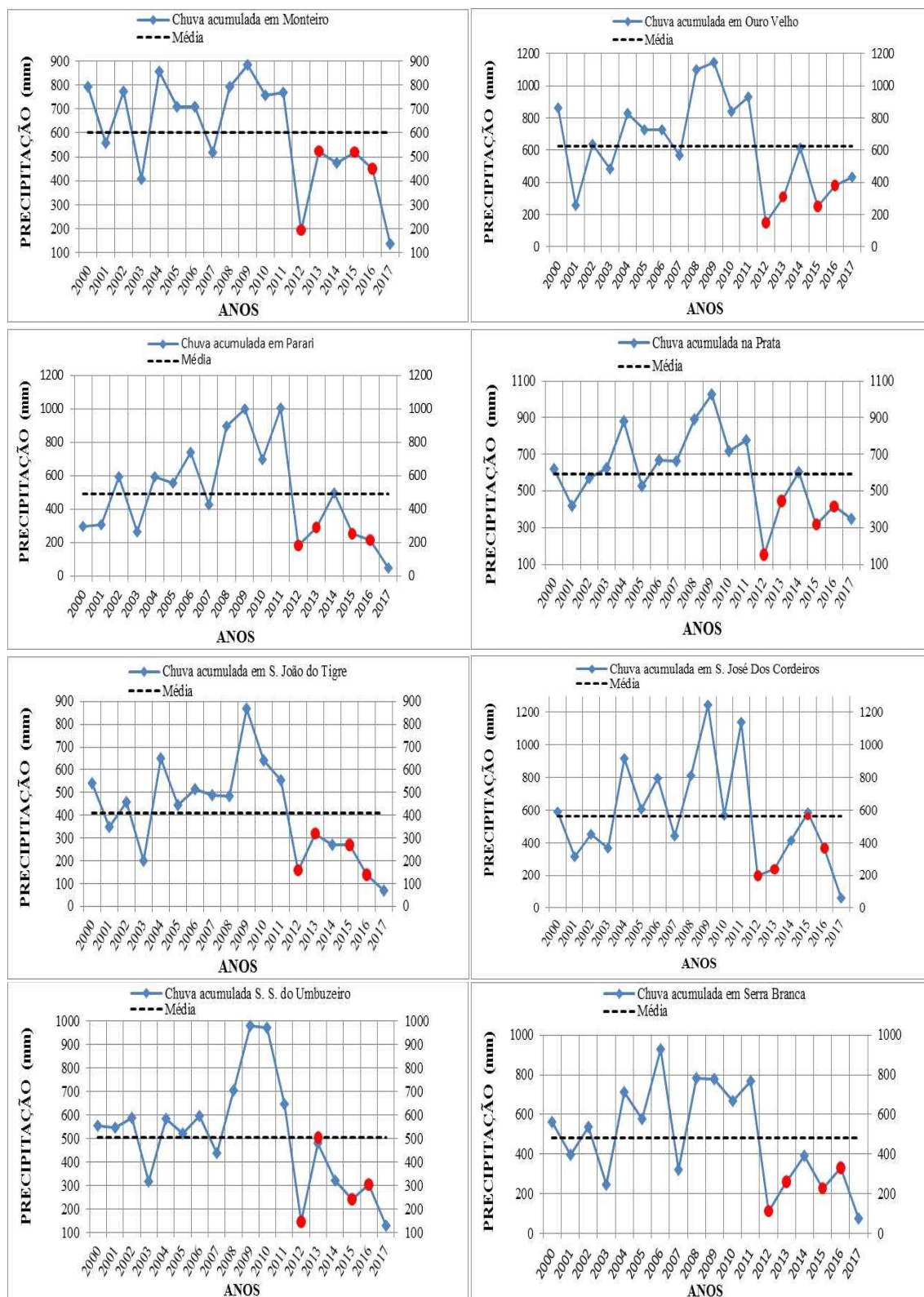
**Figura 6.** Precipitações pluviométricas anuais dos municípios de Amparo, Assunção, Camalaú, Congo, Coxixola, Livramento - 2000 a 2017.



Fonte: A Autora.

<sup>2</sup> A Escolha desse período foi em decorrência da ausência de dados para década de 1990 para a maioria dos municípios. E os municípios de Assunção e Zabelê com dados disponíveis só a partir de 2004.

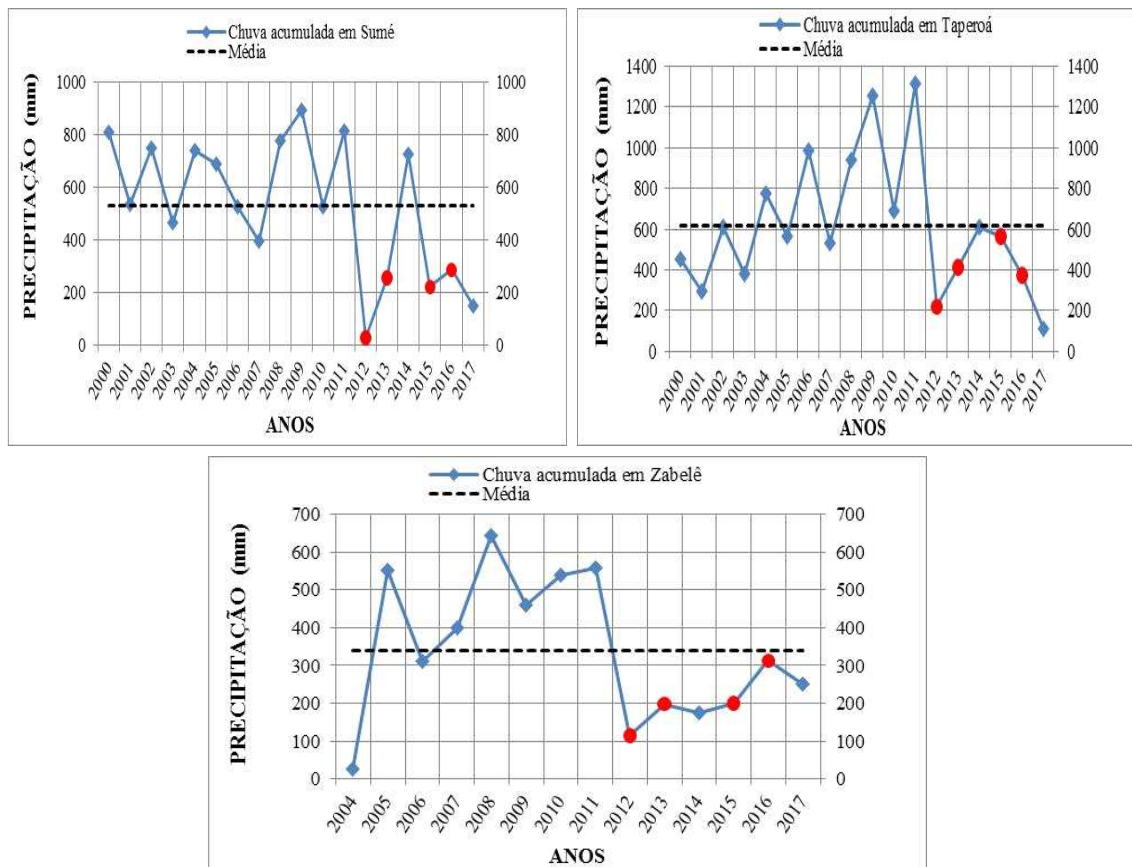
**Figura 7.** Precipitações pluviométricas anuais dos municípios de: Monteiro, Ouro Velho, Parari, Prata, São João do Tigre, São José dos Cordeiros, S. S. do Umbuzeiro e Serra Branca - 2000 a 2017.



Fonte: A Autora.



**Figura 8.** Precipitações pluviométricas anuais dos municípios de: Sumé, Taperoá e Zabelê - 2000 a 2017<sup>3</sup>.



Fonte: A Autora.

Os municípios que tiveram maior redução de chuva acumulada foi Zabelê seguido de Assunção e Camalaú, com médias de 339, 400 e 407 mm, respectivamente. Sendo os municípios mais afetados com a influência do El Niño (forte). O ano com menor precipitação média registrada no Cariri Ocidental foi de 138,5 mm em 2012, sob a influência do episódio intenso El Niño.

## 5.2. MAPEAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CARIRI OCIDENTAL ATRAVÉS DO IVDN PARA OS ANOS DE 1990 E 2017

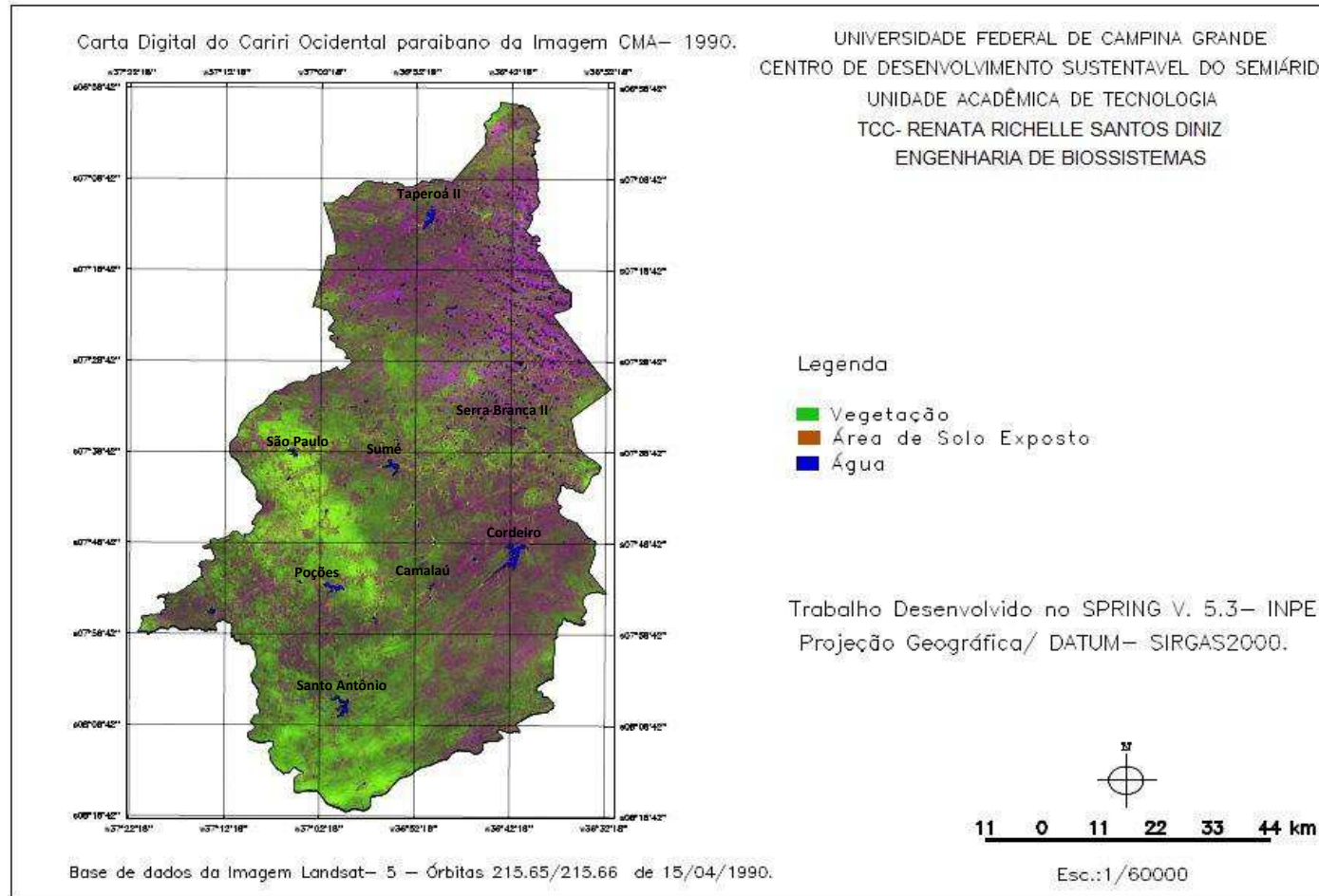
Analisando a Composição Multiespectral Ajustada (CMA) apresentada nas Figuras 9 e 10, para os anos 1990 e 2017, observou-se que a área ocupada pelos

<sup>3</sup> A Escolha desse período foi em decorrência da ausência de dados para década de 1990 para a maioria dos municípios. E os municípios de Assunção e Zabelê com dados disponíveis só a partir de 2004.



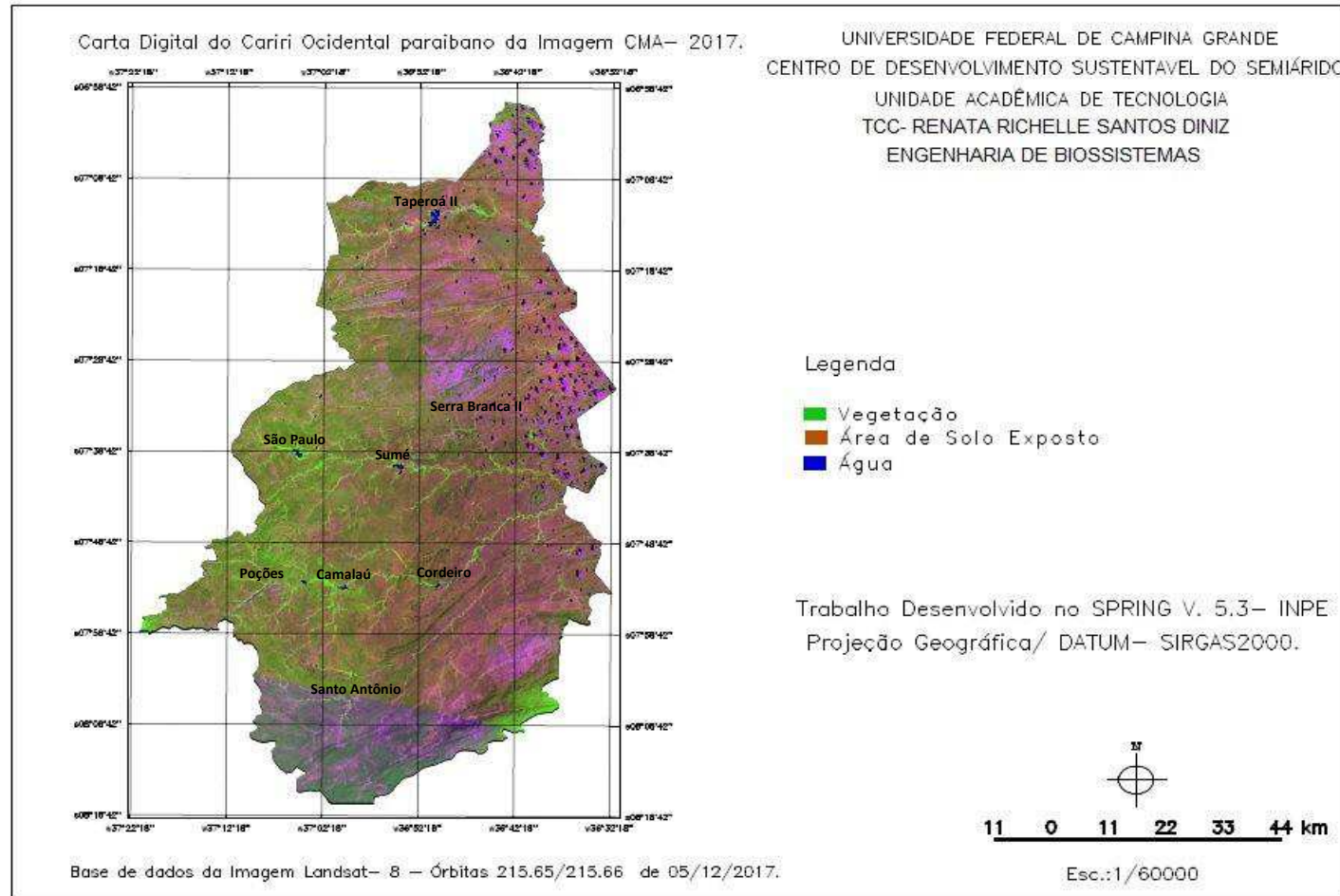
espelhos d'água (açudes) em 1990 era de 30,3 km<sup>2</sup> correspondendo a 0,43 % da área total. Já em 2017 a área ocupada pelos corpos hídricos na imagem reduziu para 8,7 km<sup>2</sup> (0,12 % da área total). Isso decorrente de uma sequência de anos de baixos índices pluviométricos anuais, agravado pela irregularidade do regime de chuvas. Como também o solo que é predominantemente raso e pouco protegido pela vegetação aberta, retendo pouca água da chuva que se escoava pelo leito dos rios que também apresentam um regime torrencial. A persistência das secas ocorridas nos últimos anos, sob a influência do El Niño de intensidade forte e médias pluviométricas abaixo da média, contribuiu consideravelmente para redução dos níveis de água dos reservatórios. Os pequenos e até mesmo os médios açudes foram praticamente extintos, decorrente do déficit acumulado de captação de água provocado pelas grandes secas, ocorridas nesta última década.

**Figura 9.** CMA obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B1 (B); dos anos de 1990.



Fonte: A Autora.

**Figura 10.** CMA obtida a partir da seguinte combinação: IVDN (G), B4 (R) e B1 (B); dos anos de 2017.



Fonte: A Autora.

Os dados estimados pelo SPRING dos mapas digitais das áreas ocupadas pelos corpos hídricos da microrregião do Cariri Ocidental paraibano estão sintetizados na Tabela 4, ano de 1990 e ano de 2017, podendo-se analisar o quadro do processo evolutivo da redução deste recurso.

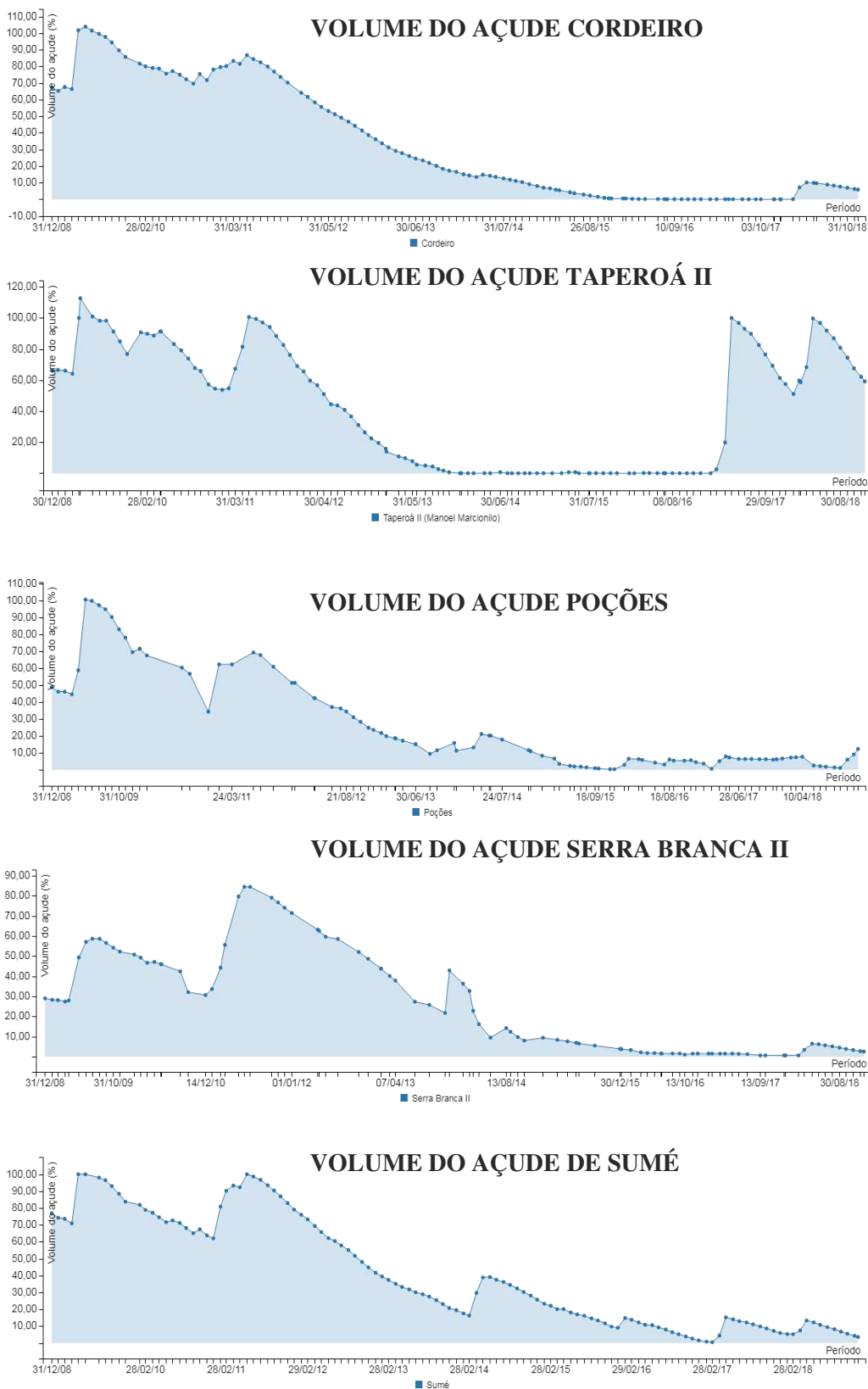
**Tabela 4.** Análise comparativa das áreas ocupadas por recursos hídricos para a microrregião do Cariri Ocidental paraibano para os anos de 1990 e 2017.

<b>Análise Comparativa da área ocupada pelos corpos hídricos</b>			
	<b>Ano de 1990</b>	<b>Ano de 2017</b>	<b>Incremento</b>
<b>Área ocupada dos corpos hídricos (km<sup>2</sup>)</b>	30,3	8,7	- 22,5
<b>Área total ocupada (%)</b>	0,43	0,12	-

Fonte: A autora.

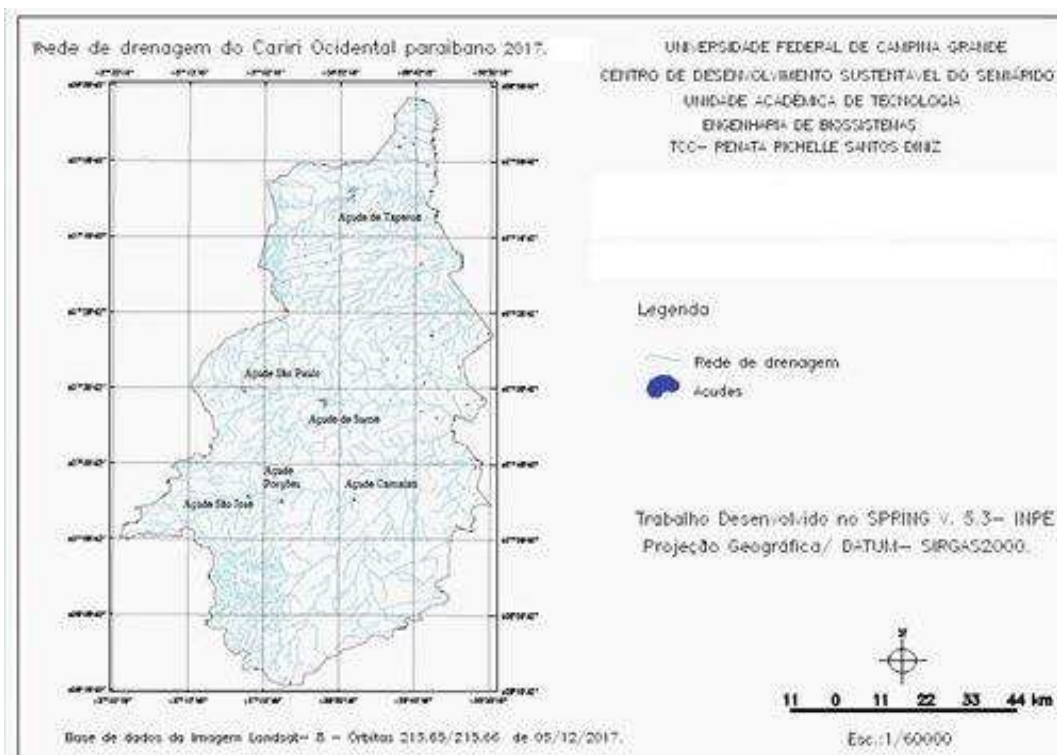
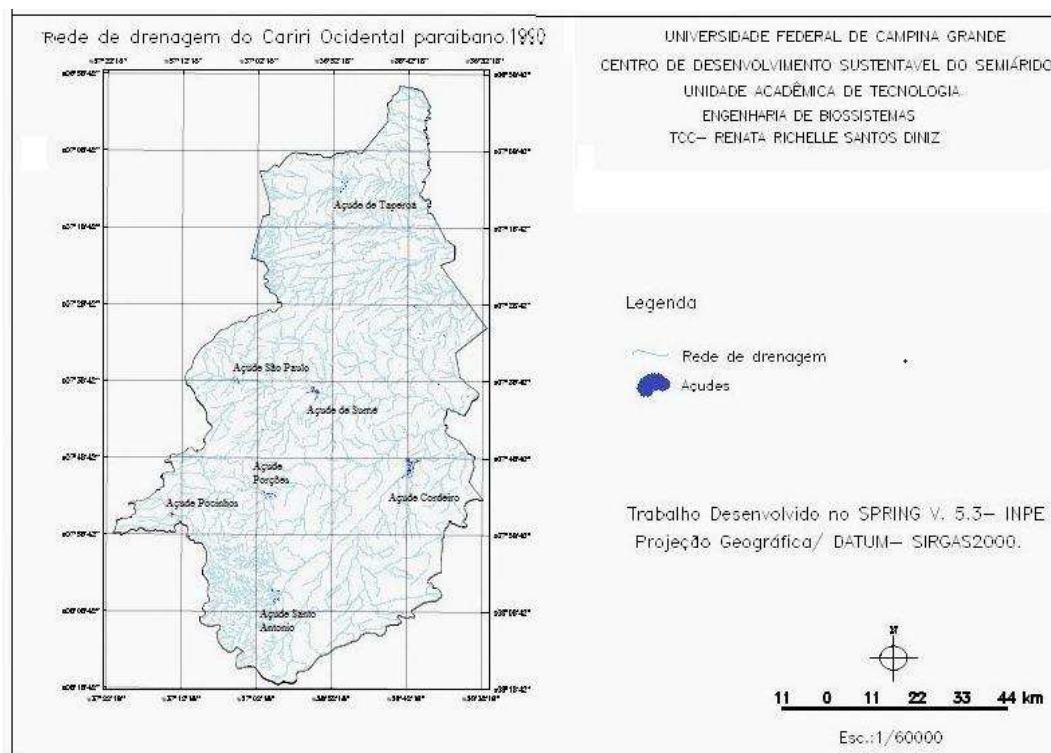
Analisando os gráficos da Figura 13 que relacionam o volume (%) dos açudes no período de 2008 – 18, juntamente com a Figura 14 em destaque os principais açudes da microrregião (Cordeiro, Taperoá II, Porções, Serra Branca II e Sumé), observa-se que houve uma redução bem significativa nos volumes dos reservatórios de em torno de 50%, decorrente de uma baixa quantidade de chuva acumulada no período de 2011/18, que estavam sob influência do El Niño de intensidade Forte.

**Figura 11-** Volume dos principais açúdes do Cariri Ocidental: Cordeiro, Taperoá, Poçoões, Serra Branca e Sumé para o período de 2008- 2018.



Fonte: AESA, 2018.

**Figura 12.** Mapa dos Sistemas Hídricos da microrregião do Cariri Ocidental para os anos de 1990 e 2017.



Fonte: A Autora.

Os reservatórios do Cariri Ocidental foram afetados nos últimos anos pela redução nos volumes de chuvas, que afetou a capacidade de abastecimento dos municípios. Em 2014 o município de Taperoá foi muito afetado pelo falta de abastecimento d'água quando o açude Taperoá II secou totalmente.

O principal reservatório da região, o açude Cordeiro no Congo, que distribui água para maioria das cidades do cariri ocidental através da adutora do Congo (abastece os municípios de Serra Branca, São João do Cariri, Sumé, Parari, Gurjão, Prata, Ouro Velho, Amparo, Monteiro, São José dos Cordeiros e Livramento) também secou completamente em 2015 e permanecendo praticamente seco até hoje, que encontra-se com apenas 5,8% da sua capacidade total.

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que há uma tendência de diminuição da precipitação pluviométrica durante os anos que ocorreram El Niño de intensidade forte, ocasionando mudanças significativas no regime das chuvas médias anuais da microrregião do Cariri Ocidental paraibano. O que levou uma redução no volume dos principais açudes da região. Diminuindo a área ocupada por esses reservatórios consideravelmente para o período avaliado. Decorrentes das grandes secas ocorridas nesta área que são atribuídas à ocorrência dos eventos fortes do fenômeno El Niño, sendo considerados os mais fortes aqueles que ocorreram nos anos de 1998, 2015 e 16.

As informações obtidas e metodologias aplicadas neste trabalho podem vir a colaborar e subsidiar políticas públicas nas tomadas de decisões sobre a recuperação, o manejo e ou uso desse recurso tanto para regiões do Cariri Ocidental paraibano, como para as demais áreas semiáridas.

Neste cenário, as geotecnologias vêm-se tornando cada vez mais atuantes como um instrumento capaz de gerenciar os recursos hídricos, permitindo a análise das condições ambientais, através da geração e manipulação de mapas.



## 7. REFERÊNCIAS

- AESA – **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**, 2018. Disponível em: <http://www.pb.gov.br/aesa>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- ARAÚJO, P.H.C.; CUNHA, D.A.; LIMA, J.E.; FÉRES, J.G.; Efeitos da seca sobre a produtividade agrícola dos municípios do Nordeste. In: IX ENCONTRO DE ECONOMIA BAIANA, 2013, Salvador- BA. **Anais**. Economia baiana, Salvador, p.151-117. 2013.
- ASSAD, M. L. L. **Sistemas de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola das terras**. In: Sistema de Informações Geográficas aplicações na agricultura. 1993. Arquivo digital em formato PDF (Portable Document Format). 129 p. 1 CD-ROM. BARBOSA, M. P. Diagnóstico Socioeconômico da APA Chapada do Araripe: Ceará, Pernambuco e Piauí. Projeto APA. Campina Grande, 2005.
- ALENCAR, M. L. S. **Os sistemas hídricos, o bioma caatinga e o social na bacia do rio sucuru: riscos e vulnerabilidades**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. – Campina Grande - PB, 2008.
- ALMEIDA, H. A., SOUSA NETO. G. M. de. **Algumas características da precipitação na estação chuvosa do Sertão da Paraíba**. In: 57ª REUNIÃO DA SBPC, 2005. Fortaleza, CE, CD-R.
- ALVES, J. J. A. 2009. **Caatinga Do Cariri Paraibano**. GEONOMOS 17(1): 19 - 25.
- Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Paraíba / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.
- BARRETO, J. F., NETO, J., FARIAS, S. R. Avaliação socio econômica e hídrica dos municípios da sub-bacia hidrográfica do rio taperoá, PB . **Revista Qualit@s**,V. 9, n. 1, p. 01-13, 2010.
- BLOGPOT. **Vegetação da Paraíba**, 2010. Disponível em: <http://historiadaparaiba.blogspot.com/2010/01/vegetacao-da-paraiba.html>. Acesso em: 23 outubro 2018.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Convênio MA/CONTAP/USID/BRASIL. 1972.

CPTEC. Monitoramento e previsão do fenômeno El-Niño e La-Niña. 2016. Disponível em: [www.cptec.inpe.br/enos](http://www.cptec.inpe.br/enos). Acesso em: 11 dez. 2017.

FARIAS, P. C. B. **Análise da dinâmica da cobertura vegetal do município de Sumé - PB, com a utilização de geotecnologias e com base nas variações climáticas.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido- Sumé- PB.

FERREIRA, I. L. **Geoprocessamento na Gestão de Recursos Hídricos: a análise espacial na proposta de enquadramento de corpos de água.** Monografia (Curso de Especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Geociências - Departamento de Cartografia. Belo Horizonte, 2011.

FOLHA DE SÃO PAULO. 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/03/apos-1-ano-transposicao-do-sao-francisco-ja-retira-1-milhao-do-colapso.shtml>.

FÓRUM DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO TERRITÓRIO DO CARIRI - Perfil do Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável - Território do Cariri - PB – Abril 2005 – Registros da versão preliminar.

GOVERNO do Estado da Paraíba. Os Cariris Paraibanos. **Recursos Hídricos, dos Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia – ZEE.** Disponível em: <http://paraiba.pb.gov.br/meio-ambiente-dos-recursos-hidricos-e-da-ciencia-e-tecnologia/zee/>. Acesso em: 19 dez. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Canal **Cidades@**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acesso em: 12 dez. 2017.

KURTZ, F.C.; ROCHA, J.S.M. da.; KURTZ, S.M.J.M.; BARACUHY, J.G.V.; NETO, J.D.; SILVA, M.B. Gestão de Bacias Hidrográficas. Curso de Desenvolvimento Sustentável Para o Semiárido Brasileiro. Modulo 17. Brasília: DF. ABEAS. 2006.

MDA- Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial De Desenvolvimento Rural Sustentável**. Disponível em: [http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs\\_territorio159.pdf](http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_territorio159.pdf). Acesso em: 10 dez. 2017.

MARENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Revista Parcerias estratégicas Brasília**, DF N.27 Dezembro 2008. Disponível em: [http://www.defesa.gov.br/projetosweb/livrobranco/arquivos/espaco\\_pesquisador/Revista-Parcerias.pdf#page=150](http://www.defesa.gov.br/projetosweb/livrobranco/arquivos/espaco_pesquisador/Revista-Parcerias.pdf#page=150). Acesso em: 20 abril 2018.

MILNE, E.; AL ADAMAT, R.; BATJES, N. H.; BERNOUX, M.; BHATTACHARYYA, T.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; EASTER, M.; FALLOON, P.; FELLER, C.; GICHERU, P.; KAMONI, P.; KILLIAN, K.; PAL, D.K.; PAUSTIAN, K.; POWLSON, D. S.; RAWAJFĪH, Z.; SESSAY, M.; WILLIAMS, S.; WOKABI, S. National and sub-national assessments of soil organic carbon stocks and changes: The GEFSOC modelling system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 122, p. 3–12, 2007.

MIRANDA, J. I. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas/ Miranda, José Iguelmar. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F. DEL B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansions changes dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, p. 14637-14641, 2006.

NASCIMENTO, S.S.; ALVES, J.J.A. Ecoclimatologia do Cariri paraibano. **Revista Geográfica Acadêmica**. V.2 n.3 (xii.2008) 28-41.

NETO, J. M., BARBOSA, M. P., ARAÚJO, A. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**, V.11, p.61-66, 2007.

NOGUEIRA, S. F. **Geotecnologias para Identificação e Monitoramento de Processos de Degradação em Pastagens no Brasil**. EMBRAPA – Monitoramento por Satélite. 2012.

PDRH-PB. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba**. João Pessoa/PB: SEMARH/ Governo do Estado da Paraíba. 1996 (CD-ROM).

PEREIRA, M. D. B.; SOUZA FILHO, J. F.; MOURA, M. D. Análise da pluviosidade da microrregião de Sapé, Paraíba e sua relação com a produção da cana-de-açúcar. **Revista Geonorte**, Goiânia, ed. especial, v. 2, n. 5 p. 910-921, 2012.

PEREIRA, V.C.; SOBRINHO, J.E.; OLIVEIRA, A.D.; MELO, T.K.; VIEIRA, R.I.M. Influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v,7, n.12, p. 1-13, 2011.

SANTOS, E. I.; ALENCAR, M. L. S. **Efeitos do El Niño nas Variações Pluviométricas e nos Sistemas Hídricos de parte do Cariri Paraibano**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília-DF, 2015. Anais.

SOBRINHO, J. F.; FALCÃO, C. L. da Costa. (orgs.). **Semiárido: diversidade, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006.

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

STI. Sistema de Informações Territoriais. Ministério do Desenvolvimento Agrário. 2013. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br>. Acesso em: 11 abril 2017.