



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Renata Luana Gonçalves Lourenço

**IMPACTO DE SISTEMAS METEOROLÓGICOS NO REGIME HÍDRICO EM CIDADES
DO SEMIÁRIDO**

Pombal-PB

2018

Renata Luana Gonçalves Lourenço

**IMPACTO DE SISTEMAS METEOROLÓGICOS NO REGIME HÍDRICO EM CIDADES
DO SEMIÁRIDO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de título Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Pombal-PB

2018

L892i Lourenço, Renata Luana Gonçalves.
Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico em cidades do semiárido / Renata Luana Gonçalves Lourenço. – Pombal, 2018.
66 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) -
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2018.
"Orientação: Prof^a. Dr^a. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira".
Referências.

1. El Niño. 2. Precipitação. 3. Boletins Climáticos. I. Nogueira,
Virgínia de Fátima Bezerra. II. Título.

CDU 551.59(043)

RENATA LUANA GONCALVES LOURENCO

IMPACTO DE SISTEMAS METEOROLÓGICOS NO REGIME HÍDRICO EM
CIDADES DO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA E DO CEARÁ

Aprovado em 27 / 07 / 2018

BANCA EXAMINADORA

Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Prof.^a. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
Orientadora – UFCG/Campus de Pombal – PB

Jussara Silva Dantas

Prof.^a. Dra. Jussara Silva Dantas
Examinador Interno – UFCG/Campus de Pombal - PB

Valner da Silva Nogueira

Prof. Dr. Valner da Silva Nogueira
Examinador Externo – Campina Geotech Consultoria em Meteorologia Ltda CNPJ
22668181/0001-61

Pombal – PB

Julho 2018

À meus pais e minha segunda Mãe, Remedios.

Sem eles eu não seria

o que eu sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por ter me dado saúde, coragem e paciência para poder chegar até ao final do curso com sucesso.

Aos meus pais, Antonio Lourenço, Remedios Lourenço e Remedios Clemente, pois sem a ajuda e apoio deles eu não teria conseguido chegar aonde cheguei.

Aos meus irmãos, em especial, Artur e Juliana, que passaram pelo mesmo curso e nunca me negaram ajuda quando eu precisei, graças a eles eu pude chegar ao fim do curso com êxito.

A Yago Abrantes, por toda força que me deu desde o primeiro período. Por nunca ter me deixado desistir, por sempre ter me apoiado do início ao fim e sempre acreditar em mim, quando muitos duvidaram. Graças a ele eu sou uma pessoa melhor.

A minha orientadora, Virgínia de Fátima, que foi uma terceira mãe para mim. Agradeço por todos os ensinamentos, paciência, dedicação e comprometimento ao longo do curso, comigo e com todos os alunos.

Aos professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental - UACTA, CCTA, UFCG - Câmpus de Pombal, em especial, Manoel Moisés, Jussara Dantas e José Cleidimário.

A Andréa Cavalcanti por toda sua paciência e dedicação em transmitir seus conhecimentos e me ajudar quando eu precisei.

A coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, nas pessoas de Gerúsia, Ana e Vírginia, por toda atenção e disponibilidade com todos os alunos.

A Universidade Federal de Campina Grande por ter dado a oportunidade de conhecer pessoas maravilhosas que estão comigo desde o começo, e outras que eu tive o prazer de conhecer no final do curso, em especial, Alice, Ana, Fagna, Ianka, Mariana, Marcelino, Lucas, Luania, Gil, Rodrigo e Thomas.

A todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui, o meu muito obrigado.

Lista de Gráficos

GRÁFICO 1 – Máximas precipitações diárias do Estado da Paraíba.	33
GRÁFICO 2 – Maiores Precipitações Mensais do Estado da Paraíba	34
GRÁFICO 3 – Maiores Precipitações diárias do Estado da Paraíba.	35
GRÁFICO 4 – Maiores Precipitações diárias do Estado do Ceará.	36
GRÁFICO 5 – Maiores Precipitações Mensais do Estado do Ceará.	37
GRÁFICO 6 – Maiores Precipitações anuais do Estado do Ceará.	38
GRÁFICO 7 – Volume dos reservatórios no Estado da Paraíba	39
GRÁFICO 8 – Volume dos reservatórios no Estado do Ceará.	41

Lista de Tabelas

TABELA 1 – Código dos Municípios da Área de Estudo.	23
TABELA 2 – Estações Pluviométricas obtidas da plataforma da ANA.	26
TABELA 3 – Tabela com órbita/ponto e data de cada município estudado.	29
TABELA 4 – Datas das maiores precipitação da Paraíba.....	33
TABELA 5 – Datas das maiores precipitação do Ceará.	36
TABELA 6 – Valores dos Volumes dos Reservatório do Estado da Paraíba...	39
TABELA 7 – Valores dos Volumes do Reservatório do Estado do Ceará.	42
TABELA 8 – Intervalos de NDVI das classes e alvos de superfície.....	42

Lista de Figuras

FIGURA 1 – Localização dos Municípios Estudados.	24
FIGURA 2 – Mapas do NDVI do Município de Bom Jesus na Paraíba.	43
FIGURA 3 – Mapas do NDVI do Município de Nazarezinho na Paraíba.....	45
FIGURA 4 – Mapas do NDVI do Município de Patos na Paraíba.....	46
FIGURA 5 – Mapas do NDVI do Município de Pedra Branca na Paraíba.	48
FIGURA 6 – Mapas do NDVI do Município de Santa Inês na Paraíba.....	49
FIGURA 7 – Mapas do NDVI do Município de Caucaia no Ceará.....	50
FIGURA 8 – Mapas do NDVI do Município de Chorozinho no Ceará.	52
FIGURA 9 – Mapas do NDVI do Município de Guaraciaba do Norte no Ceará.	53
FIGURA 10 – Mapas do NDVI do Município de Ibiapina no Ceará.	55
FIGURA 11 – Mapas do NDVI do Município de Várzea Alegre no Ceará.	56

LOURENÇO, Renata Luana Gonçalves. **Impacto de Sistemas Meteorológicos no Regime Hídrico em Cidades do Semiárido**. 2018. 66 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB. 2018

RESUMO

O período de 2012 a 2016 foi um período de chuvas abaixo da média na região semiárida, as secas causam deficiência hídrica e riscos para a segurança alimentar, energética e hídrica nas regiões. Neste estudo analisaram-se os sistemas meteorológicos que mais contribuíram para o período chuvoso dos anos de 2012 a 2016, e dentre estes fenômenos quais os que provocaram os maiores acumulados de precipitação e foram fundamentais para as bacias dos Estados da Paraíba e do Ceará. Analisaram-se dados de precipitação de 170 estações da Paraíba e 150 do Ceará, escolhendo dez Municípios nos quais ocorreram as maiores precipitações observados no período estudado e por meio do NDVI investigou-se a vegetação desses municípios e o nível dos reservatórios. A identificação de quais os sistemas meteorológicos que mais contribuíram para esses acumulados de precipitação foi realizada através da análise dos boletins climatológicos dos meses chuvosos. Percebeu-se que mesmo a ZCIT estando fora da sua posição normal foi um dos fenômenos que mais contribuíram para ocorrência dessas precipitações, além da atuação fundamental dos VCANs, com destaque para o ano de 2014 com os maiores acumulados, e no Ceará destacou-se também as LI. Enquanto o ano 2016 foi o ano que obteve as menores precipitações, devido a atuação do fenômeno do El Niño, o mais forte nos últimos anos. Isso impactou na vegetação e na análise do NDVI foi possível perceber que 2013 apresentaram maiores áreas de vegetação quando comparado ao ano de 2016.

Palavras-chave: VCAN. ZCIT. Precipitação. Boletins Climatológicos. El Niño.

LOURENÇO, Renata Luana Gonçalves. **Impact of Meteorological Systems on the Water Regime in Semi-Arid Cities**. 2018. 66 fls. Conclusion Work of Cuso (Graduation in Environmental Engineering) - Federal University of Campina Grande. Pombal - PB. 2018

ABSTRACT

The period from 2012 to 2016 was a period of below-average rainfall in the semiarid region, droughts cause water deficiency and risks to food, energy and water security in the regions. This study analyzed the meteorological systems that contributed most to the rainy season from the years 2012 to 2016, and among these phenomena that caused the greatest accumulation of precipitation and were fundamental for the basins of the States of Paraíba and Ceará. Precipitation data were analyzed from 170 stations in Paraíba and 150 from Ceará, choosing ten municipalities in which the highest rainfall observed during the study period occurred and NDVI was investigated the vegetation of these municipalities and the level of the reservoirs. The identification of which meteorological systems contributed the most to these accumulations of precipitation was carried out through the analysis of the climatological bulletins of the rainy months. It was noticed that even the ITCZ being out of its normal position was one of the phenomena that contributed the most to the occurrence of these precipitations, besides the fundamental performance of the VCANs, especially in 2014 with the highest accumulated ones, and in Ceará it was highlighted also LI. While the year 2016 was the year that obtained the least rainfall, due to the performance of the phenomenon of El Niño, the strongest in recent years. This impacted the vegetation and the NDVI analysis. It was possible to notice that 2013 presented larger areas of vegetation when compared to the year 2016.

Keywords: VCAN. ZCIT. Precipitation. Climatological Bulletins. El Niño.

Sumário

1. Introdução	13
2. Objetivos	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. Revisão Bibliográfica	16
3.1. Sistemas Meteorológicos	16
3.1.1. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	16
3.1.2. Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN)	16
3.1.3. Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM).....	17
3.1.4. Ondas de Leste	18
3.2. Sistemas Oceânicos Atmosféricos	18
3.2.1. El Niño.....	18
3.2.2. La Niña.....	19
3.2.3. Dipolo do Atlântico	20
3.3. Índice de Vegetação Normalizada (NDVI)	20
3.4. Boletins Meteorológicos	20
3.4.1. Revista InfoClima	20
3.4.2. Boletim Climanálise	21
3.5. Semiárido Brasileiro	21
4. Materiais e Métodos	23
4.1. Descrição da Área de Estudo	23
4.2. Metodologia	26
4.2.1. Dados de Precipitação	26
4.2.2. Nível dos Reservatórios	28
4.2.3. Análise dos Fenômenos Meteorológicos.....	28
4.2.4. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	28
5. Resultados e Discussão	31
5.1. Fenômenos Meteorológicos que influenciaram nas Maiores Precipitações 31	
5.2. Nível dos Reservatórios	38
5.3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada	42

6. Conclusão.....	59
7. Referências Bibliográficas.....	61

1. Introdução

Os fenômenos El Niño de 1982-1983 e o de 1997-1998 foram os de maior impacto no século passado, associado a esses fenômenos climáticos foram registrados secas históricas na região semiárida com grandes prejuízos econômicos. Em 2015 a Nasa (Agência Espacial Americana) afirmou que o El Niño de 2015-2016 poderia ser comparado ao que muitos chamaram de “fenômeno Monstruoso” de 18 anos atrás, e entraria para a história como o El Niño mais forte já registrado. Várias pesquisas tem demonstrado a forte relação entre os padrões anômalos de temperatura de superfície do mar (TSM) dos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical, que resultam nos fenômenos El Niño/La Niña e o Dipolo do Atlântico, respectivamente, da Região Nordeste do Brasil (NEB) (William Patzert).

As projeções de clima geradas pelos modelos climáticos sugerem que, daqui em diante, as estiagens mais severas e prolongadas tenderão a ser a regra, porém as incertezas de ter este cenário futuro ainda existe. Assim, a história do semiárido está diretamente relacionada com as secas, e os efeitos desse problema na região se reflete no desemprego rural, fome e pobreza tendo como consequência final a migração das áreas mais afetadas (MARENGO, 2010; MARENGO et al., 2016).

O Nordeste do Brasil é vulnerável aos extremos observados da variabilidade climática, e previsões de cenários futuros de mudanças climáticas globais e regionais indicam que a região poderia ser afetada por déficit de chuvas mais severo e aumento da aridez no próximo século (MARENGO et al., 2016; VIEIRA et al., 2015). Isso poderá provocar uma alteração no regime hídrico que afetará os moradores, principalmente os mais vulneráveis da região semiárida, criando situações de deficiência hídrica e riscos para a segurança alimentar, energética e hídrica na região (EAKIN et al., 2014).

Com isso, a agricultura de sequeiro que é fortemente influenciada pela variabilidade da precipitação na região Nordeste do Brasil, é afetada pelas temperaturas elevadas e as altas taxas de evaporação registradas na parte semiárida (SILVA et al., 2006). A variabilidade intra e inter anual na precipitação é provocada por diferentes sistemas atmosféricos que atuam na região Nordeste (SILVA et al., 2005), destacando-se os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, Distúrbios Ondulatórios de Leste, Zona de Convergência Intertropical, Zona de Convergência do Atlântico Sul e os Sistemas

Frontais. Esses fenômenos influenciam direta e indiretamente a ocorrência de chuvas sobre a região do Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2012).

Os mecanismos dinâmicos que produzem chuvas no NEB podem ser classificados em mecanismos de grande escala, responsáveis por cerca de 30% a 80% da precipitação observada dependendo do local, e mecanismos de meso e micro escalas, que completam os totais observados. Dentre os mecanismos de grande escala, destacam-se os sistemas frontais (que atuam no sul da Região) e a ZCIT (que atua no centro-norte da Região). Perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisas marítima e terrestre fazem parte da mesoescala, enquanto circulações orográficas e pequenas células convectivas constituem-se fenômenos da micro escala (MOLION e BERNARDO, 2002).

Em termos físicos, mudanças na TSM no Pacífico equatorial que se manifestam como os extremos em casos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) podem afetar a precipitação sobre o Nordeste Brasileiro através de mudanças na circulação de Walker orientada zonalmente (AMBRIZZI et al., 2007). No entanto, o ENOS explica apenas uma parte da variabilidade da precipitação na região.

Entretanto, apesar da influência de chuvas serem enfraquecida durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do ENOS. São elas a primavera e começo de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento; e final de outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento (CUNHA, 2003).

Os sistemas atmosféricos do tempo causam, de uma forma ou de outra, prejuízos à economia, isso porque variações nas precipitações geradas pela atuação dos diferentes sistemas meteorológicos causam variações no armazenamento hídrico pelo solo (CAMPOS e SILVA, 2010) e pelos reservatórios, além de prejuízos no planejamento agrícola. Desta forma, esse trabalho teve como objetivo identificar os sistemas meteorológicos que mais contribuíram para as precipitações ocorridas no período de 2012 a 2016, período esse predominantemente seco, e determinar dentre estes fenômenos quais os que provocaram os maiores acumulados de precipitação e foram fundamentais para as bacias da região neste período.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Identificar os sistemas meteorológicos que mais contribuíram para as precipitações ocorridas no período de 2012 a 2016. Determinar dentre estes fenômenos quais os que provocaram os maiores acumulados de precipitação a fim de saber quais fenômenos que estavam atuando para que ocorresse o maior valor de chuva.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento dos dados diários de postos pluviométricos de cidades do semiárido dos Estados da Paraíba e Ceará;
- Obter os maiores valores (diários e acumulados mensais) de precipitação observada no período de 2012 a 2016;
- Os fenômenos meteorológicos que mais contribuíram para o período chuvoso dos Estados;
- Verificar a influência das maiores precipitações ocorridas nas cidades, no período de 2012 a 2016, sobre os reservatórios;
- Obtenção do Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) das cinco cidades de cada Estado que apresentaram as maiores precipitações.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Sistemas Meteorológicos

3.1.1. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A ZCIT é definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis (a convergência desses ventos faz com que o ar quente e úmido ascender e provoca a formação das nuvens) nas baixas pressões, intensa atividade convectiva e precipitação. (FERREIRA; MELLO, 2005)

Vários estudos têm abordado o aspecto climatológico da ZCIT, tendo em vista a importância que ela tem na determinação dos anos secos e chuvosos na Região Norte e Nordeste do Brasil. O principal parâmetro utilizado para os estudos tem sido estimativas de sistemas convectivos a partir de imagens de satélite (UVO, 1989).

Segundo Nogueira (2014), citando Hastenrath (1991), a principal característica da ZCIT é se posicionar sobre as áreas oceânicas com anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) positivas e anomalias de Pressão ao Nível do Mar (PNM) negativas.

O fortalecimento dos alísios de nordeste e sudeste aumenta a área de atuação da ZCIT que pode chegar a até 5°S o que proporciona aumento dos totais normais de precipitação na região nordeste do país. (MENEZES, 1995).

Os acumulados significativos de precipitação no norte do Nordeste estão associados à posição mais ao sul da ZCIT, nos meses de março a abril, e o período mais seco ocorre quando esse sistema atinge sua posição mais ao norte nos meses de agosto e setembro (GRAEF E HAIGIS, 2001).

3.1.2. Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN)

A sub-região norte do NEB, composta pelo Centro-Norte dos Estados do Maranhão e Piauí, todo Ceará e Centro-Oeste do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco é influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelo Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) que organizam as chuvas em meados de janeiro a maio. (NOGUEIRA, 2014).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são exemplos de sistemas, que por sua persistência e deslocamento têm um papel importante no regime de precipitação de regiões dos trópicos e extra trópicos, além de contribuírem nas trocas de energia entre ambas as regiões (RAMIREZ, 1997).

Os primeiros estudos a respeito da origem dos VCAN no Nordeste do Brasil foram feitos por Dean (1971), Aragão (1975) e Virji (1981) que observaram formação desse sistema no Atlântico Sul Tropical durante a época chuvosa da região. Kousky e Gan (1981) observaram formação de VCAN nessa mesma região e também em áreas continentais, como a costa leste brasileira. Esses vórtices formam-se de Setembro a Abril, segundo Kousky e Gan (1981) e Gan (1983), sendo que a frequência é maior nos meses de verão, especialmente em janeiro, estação do ano em que eles mais perduram com cerca de 7,1 dias em média (RAMIREZ, 1997).

3.1.3. Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)

Durante os meses de fevereiro a abril, ocorre frequentemente, sobre o NEB propagação de SCMs originados sobre o Oceano Atlântico. As ações dos SCMs são a grande fonte de umidade e atenuação da temperatura para o grande sertão do NEB. Quando as condições atmosféricas são favoráveis, os processos físicos e dinâmicos envolvidos na intensidade e no deslocamento dos SCMs interagem com o Planalto da Borborema, seguindo uma trajetória zonal atingindo o interior do Estado com chuvas moderadas a fortes. (NOGUEIRA, 2014).

Maddox (1980, 1983) reportou um tipo circular de SCM, denominado Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), que são sistemas caracterizados por sua grande extensão em área, longo tempo de vida, e um escudo de nuvens quase circular em imagens de satélite no canal do infravermelho termal.

Anderson e Arrit (1998) descrevem sistemas convectivos que possuem os mesmos critérios de tamanho e formação dos CCMs, porém possuem um escudo de nuvens com forma mais alongada e duração maior que 12 horas, denominados Sistemas Convectivos Persistentes e Alongados (PECS). Anabor et. al (2008) estuda SCMs alongados com propagação e evolução contra o escoamento e com duração maior de 18 horas.

Na América do Sul a incidência de SCMs é maior durante a estação quente, e a ocorrência destes sistemas é documentada por Anabor (2004, 2008), Velasco e Fritsch (1987), indicando que em média eles possuem características morfológicas similares aos da América do Norte. Porém, na América do Sul os SCMs tendem a se desenvolver um pouco mais ao anoitecer, duram mais tempo e são em média maiores que os sistemas na América do Norte (VELASCO e FRISTSCH, 1987).

3.1.4. Ondas de Leste

Em várias regiões da faixa tropical tem sido observada a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de quarenta anos. Estes distúrbios foram chamados de ondas de leste e ocorrem no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África (SPINOZA, 2005).

As Ondas de Leste (OL) são responsáveis pelas chuvas durante os meses de maio a agosto na Zona da Mata e no Agreste no leste do NEB, que corresponde à parte oriental dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, enquanto na sub-região sul os Sistemas Frontais (SF) modulam as chuvas de novembro a janeiro, do centro sul da Região que abrange praticamente toda a Bahia e as partes sul do Maranhão e Piauí e o extremo sudeste de Pernambuco (MOLION e BERNARDO, 2002).

3.2. Sistemas do Acoplamento Oceânico-Atmosférico

3.2.1. El Niño

O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala que acontece na região do Oceano Pacífico equatorial, constituído de dois componentes, um oceânico e outro atmosférico (GLANTZ, 2001; BERLATO e FONTANA, 2003).

Kane (1997) mostrou que de 46 eventos de El Niño (fortes e moderados), no período de 1849-1992, apenas 21 foram associados com as secas no norte do Nordeste do Brasil.

Os fenômenos climáticos El Niño Oscilação Sul (ENOS) têm duas fases: o quente (“El Niño”) e a fria (“La Niña”), que ocorrem alternadamente. Estas alterações caracteriza a modificação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) para grandes áreas do Oceano Pacífico (BRAVO et al., 2010).

Estudos com enfoque na variabilidade interanual da precipitação nas regiões norte e nordeste da América do Sul têm associado a variabilidade ao fenômeno El Niño (KAYANO e MOURA 1986; MARENGO 1992). Anomalias positivas (negativas) da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico associadas aos episódios El Niño (La Niña) produzem circulações anômalas de grande escala na atmosfera, gerando impactos significativos no clima da região do Atlântico e da América do Sul (Aceituno 1988; Grimm et al. 2000; Grimm 2004).

Coelho e Ambrizzi (2000), empregaram técnicas estatísticas multivariadas de Decomposição em Valores Singulares e Análise de Correlações Canônicas, para analisar as regiões do Pacífico Equatorial de maior influência na precipitação sobre a América do Sul, em anos do ENOS.

3.2.2. *La Niña*

O fenômeno La Niña, é representado pelo resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico. Nessa fase, os alísios são mais intensos represando as águas quentes no Pacífico Equatorial Oeste, que aumentam a evaporação e, conseqüentemente, movimentos ascendentes promovem a formação de nuvens de chuva gerando e induzindo uma circulação de Walker mais alongada. A termoclina se apresenta mais rasa na borda leste do Pacífico (NOGUEIRA, 2014).

Com isso, tem-se em mente que as anomalias climáticas relacionadas às duas fases do ENOS ocorrem nas mesmas regiões, mas de maneiras opostas. Porém, Mason e Goddard (2001) chamam a atenção para um exagero em relação à influência do ENOS. Eventos La Niña afetam 5% a 15% mais áreas continentais do que durante eventos El Niño.

Segundo Alves et al. (1997) para o período de fevereiro a maio, o setor norte do Nordeste Brasileiro tende a apresentar um índice de chuva em torno ou acima da média climatológica em anos com predomínio de anomalias negativas de TSM na bacia do Oceano Pacífico Equatorial, possibilitando assim prever eventos extremos de chuva para a região.

3.2.3. Dipolo do Atlântico

Dipolo de TSM do Atlântico Tropical (DTAT) caracterizado pela variabilidade térmica entre a Bacia Norte (BN) e a Bacia Sul (BS) do Atlântico Tropical. (MOURA e SHUKLA, 1981). Pode-se dizer que o dipolo apresenta duas fases distintas:

- Fase Positiva - surgimento simultâneo de anomalias positivas de TSM na BN e negativas na BS do Oceano Atlântico Tropical.
- Fase Negativa - surgimento simultâneo de anomalias negativas de TSM na BN e positivas na BS do Oceano Atlântico Tropical.

3.3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI é utilizado com periodicidade para o monitoramento da vegetação em grandes escalas. Segundo Shimabukuro (1998), o NDVI é muito utilizado na estimação de biomassa, na estimação de cobertura vegetal e na detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura da terra, e varia de -1 a 1.

De acordo com Novo (1989), à medida que aumenta a quantidade de vegetação verde, aumenta a reflexão na banda do infravermelho próximo e diminui a reflexão na banda do vermelho fazendo com que o aumento da razão seja potencializado, realçando assim a vegetação.

Nuvens, água e neve têm refletâncias maiores no visível do que no infravermelho, sendo que nestas condições o NDVI tem valores negativos. Rochas e solos expostos tem refletâncias similares nestas duas bandas e o resultado no índice de vegetação é aproximadamente zero. (HOLBEN, 1986).

Nos estudos que consideram os índices de vegetação é aplicada a diferença dos valores dos dados das bandas 4 e 5 como forma de se obter o mapa de *NDVI*. Este procedimento resulta em uma imagem de baixo contraste, que pode ser classificada indicando, inclusive, valores de corte estabelecidos por meio de estatísticas obtidas a partir dos mapas de *NDVI*. (TUCKER, 1979).

3.4. Boletins Meteorológicos

3.4.1. Revista InfoClima

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE desenvolve pesquisas e atividades nos campos das Ciências Meteorológicas, Meteorologia por Satélites, Previsão

de Tempo e Climatologia. As atividades operacionais de previsão de tempo e clima são executadas com a operação de um supercomputador que possibilita gerar previsões de tempo e clima confiáveis, com boa antecedência (INPE, 2018, texto digital).

A revista Infoclima, trata de informações fornecidas no site INPE/CPTEC que são elaboradas pelo INPE/CPTEC, INPE/CCST, INPA E CEMADEN, com a colaboração de meteorologistas do INMET, FUNCEME e dos Centros Estaduais de Meteorologia, onde, diariamente, são disponibilizadas as informações sobre o clima, os possíveis fenômenos meteorológicos que estão atuando no dia e a previsão climática do trimestre (INPE/CPTEC, 2018, texto digital).

3.4.2. Boletim Climanálise

Desde a sua criação, em 1986, a CLIMANÁLISE, que é um boletim de monitoramento e análise climática, vem apresentando mensalmente uma discussão das condições globais de campos atmosféricos e oceânicos, dos campos de precipitação e temperatura e da ação de sistemas sinóticos e de mesoescala sobre o Brasil. Em várias dessas edições foram apresentados artigos científicos sobre diversas ocorrências meteorológicas no Brasil. A partir de 1996, foi criada uma nova seção de divulgação para publicação de artigos científicos, com um corpo consultivo que colabora no processo de revisão (INPE/CPTEC, 2003, texto digital).

3.5. Semiárido Brasileiro

O Semiárido brasileiro é composto por 1.262 municípios, dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Os critérios para delimitação do Semiárido foram a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e; o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (IBGE, 2018).

Como reflexo das condições climáticas dominantes de semiaridez, a hidrografia é pobre. As condições hídricas são insuficientes para sustentar rios caudalosos que se mantenham perenes nos longos períodos de ausência de precipitações. Constitui-se exceção o rio São Francisco (IBGE, 2018).

Devido a essas condições hídricas insuficientes, quem vive da agricultura e da criação de animais na região saem prejudicados. Tanto a ausência ou escassez das chuvas, quanto a sua alta variabilidade espacial e temporal são responsáveis pela ocorrência das secas - um fenômeno natural e cíclico nesta região.

4. Materiais e Métodos

4.1. Descrição da Área de Estudo

A área de estudo se localiza no semiárido da Paraíba e do Ceará. Com um total de 170 cidades do semiárido Paraibano e 150 do semiárido Cearense. Os 10 municípios estudados são os que obtiveram os maiores valores de precipitação de cada ano do período escolhido.

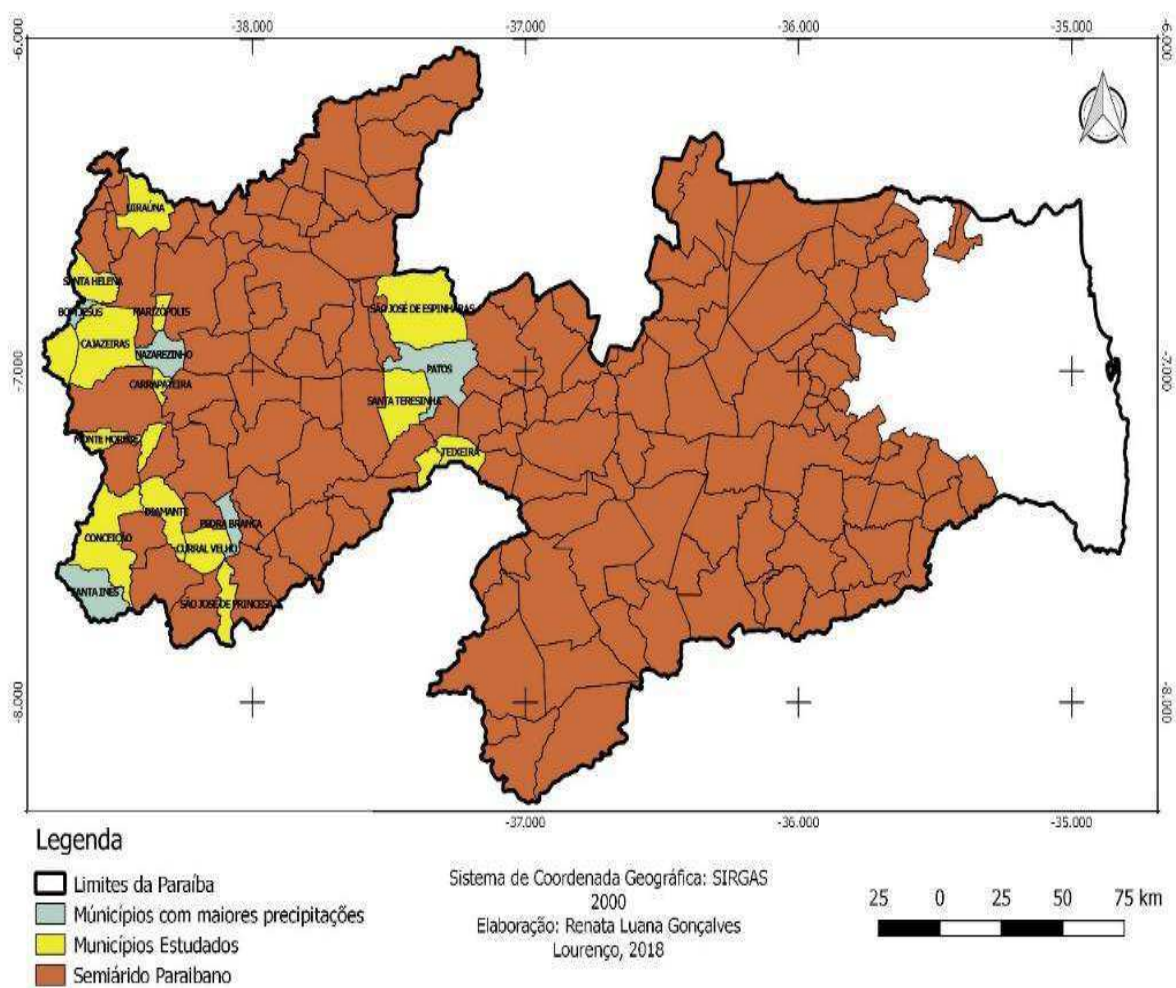
A Tabela 1 encontra-se o código do Município, a Latitude, Longitude e Altitude das dez Cidades escolhidas para a comparação do NDVI e Nível dos Reservatórios.

Tabela 1 – Código dos Municípios da Área de Estudo.

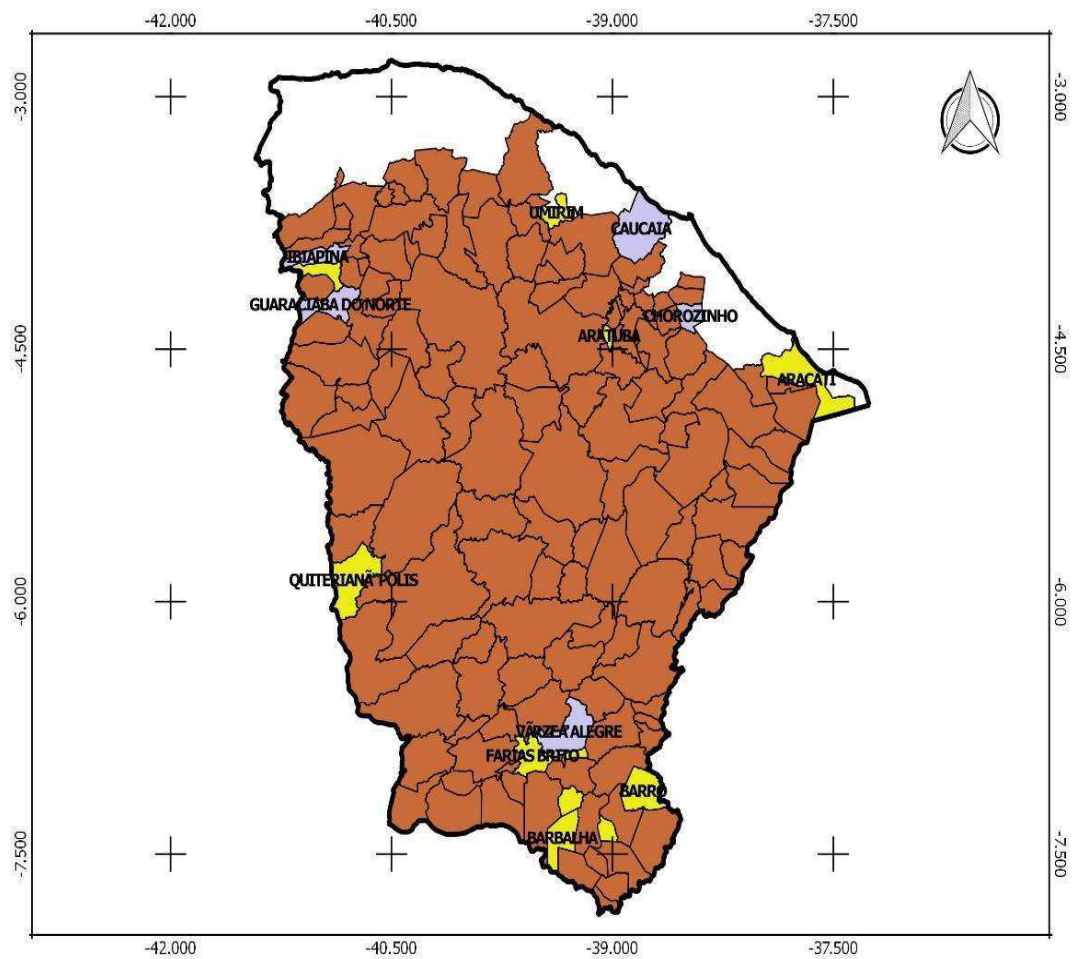
Código do Município	Município	UF	Latitude	Longitude	Altitude
2502201	Bom Jesus	PB	-06° 48' 57"	-38° 39' 22"	318 metros
2511004	Pedra Branca	PB	-07° 25' 38"	-38° 04' 03"	299 metros
2510808	Patos	PB	-07° 01' 28"	-37° 16' 48"	242 metros
2513356	Santa Inês	PB	-07° 37' 14"	-38° 33' 13"	0 metros
2510006	Nazarezinho	PB	-06° 54' 57"	-38° 19' 29"	272 metros
2303956	Chorozinho	CE	-04° 18' 01"	-38° 29' 52"	48 metros
2305308	Ibiapina	CE	-03° 55' 24"	-40° 53' 22"	878 metros
2314003	Várzea Alegre	CE	-06° 47' 20"	-39° 17' 45"	317 metros
2305001	Guaraciaba do Norte	CE	-04° 10' 01"	-40° 44' 51"	902 metros
2303709	Caucaia	CE	-03° 44' 10"	-38° 39' 11"	29 metros

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos do IBGE (2018)





Figura 1 - Localização dos Municípios Estudados da Paraíba e do Ceará.



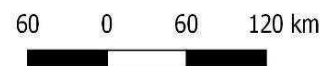
Fonte: Elaborada pela autora. (2018)



Legenda

-  Limites do Ceará
-  Municípios com maiores precipitações
-  Municípios Estudados
-  Semiárido Cearense

Sistema de Coordenada Geográfica:
 SIRGAS 2000
 Elaboração: Renata Luana Gonçalves
 Lourenço, 2018



Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

4.2. Metodologia

4.2.1. Dados de Precipitação

As séries de dados históricos de precipitação foram disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2018), e encontrados no *website Hidroweb*, pertencente à Agência Nacional das Águas - ANA (ANA, 2018).

Foram analisados 170 Municípios do semiárido Paraibano e 150 do semiárido Cearense e escolhidas cinco cidades de cada Estado que apresentassem as maiores precipitações para cada ano, no período de 2012 a 2016. Portanto, resultando em 25 cidades para cada Estado no total dos cinco anos. Nesses cinco anos, 4 Municípios da Paraíba e 8 do Ceará se repetiram como os que apresentaram o maior acumulado de precipitação em diferentes anos do período. Para facilitar a análise dos resultados e comparações utilizando o NDVI e níveis dos reservatórios foram escolhidas, para cada ano, uma cidade da Paraíba e uma do Ceará, os que apresentaram a maior precipitação, logo 5 municípios para cada Estado. Para a escolha dos Municípios estudados foi realizado a análise através de uma rotina no *software Excel*, onde foi selecionada a cidade que obteve o maior valor de precipitação mensal de cada ano.

A Tabela 2 encontram-se as 25 cidades que foram analisadas de cada Estado e o Código das Estações Pluviométricas de cada referido Município.

Tabela 2 – Estações Pluviométricas das Cidades analisadas obtidas da plataforma da ANA.

MUNICÍPIO	UF	CÓDIGO DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	ANO
Chorozinho	CE	438021	2012
Guaraciaba do Norte	CE	440023	2012
Caucaia	CE	338009	2012
Ibiapina	CE	340018	2012
Aratuba	CE	439018	2012
Chorozinho	CE	438021	2013
Ibiapina	CE	340018	2013
Aracati	CE	437000	2013

Abaiara	CE	739046	2013
Umirim	CE	339074	2013
Ibiapina	CE	340018	2014
Barbalha	CE	739016	2014
Juazeiro do Norte	CE	739039	2014
Granjeiro	CE	639009	2014
Farias Brito	CE	639029	2014
Ibiapina	CE	340018	2015
Caucaia	CE	338009	2015
São Benedito	CE	440026	2015
Barro	CE	738060	2015
Maranguape	CE	338016	2015
Várzea Alegre	CE	639034	2016
Ibiapina	CE	340018	2016
Barro	CE	738060	2016
Quiterianópolis	CE	540052	2016
Bom Jesus	PB	637040	2012
Cajazeiras/ Lagoa do Arroz	PB	638059	2012
Uirauna	PB	638035	2012
Cajazeiras	PB	638028	2012
Santa Helena	PB	638088	2012
Pedra Branca	PB	737006	2013
Curral Velho	PB	737006	2013
Serra Grande	PB	738010	2013
Monte Horebe	PB	638028	2013
Conceição	PB	738020	2013
Patos	PB	737009	2014
Santa Terezinha	PB	637034	2014
São José de Espinharas	PB	637034	2014
Teixeira	PB	737001	2014
Maturéia	PB	737009	2014

Santa Inês	PB	737006	2015
Igaracy	PB	737006	2015
Carrapateira	PB	638028	2015
Diamante	PB	738058	2015
Nazarezinho	PB	638048	2015
Nazarezinho	PB	638048	2016
Cachoeira dos Índios	PB	638030	2016
Cajazeiras	PB	638028	2016
Marizópolis	PB	638036	2016
São José de Princesa	PB	738013	2016

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos do Inventário da ANA. (2018)

4.2.2. *Nível dos Reservatórios*

Os níveis hídricos dos reservatórios de cada município foram obtidos através do site da AESA, bem como os maiores valores de precipitação mensais. Com base na precipitação de cada município, foi possível analisar a contribuição dessas chuvas nos volumes dos reservatórios no decorrer dos cinco anos de estudo.

4.2.3. *Análise dos Fenômenos Meteorológicos*

O reconhecimento dos fenômenos meteorológicos que influenciaram no regime hídrico foi realizado por meio da análise de boletins climatológicos (revista InfoClima) que estão disponíveis no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2018). Cada boletim informa o fenômeno que atuou no dia, a avaliação de queimadas e a previsão climática para o trimestre.

A análise foi realizada com base nos máximos diários e mensal de precipitação de cada cidade e de cada ano de estudo. Foi analisado o boletim climático com as informações do dia/mês que ocorreu a maior precipitação para cada Município.

4.2.4. *Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)*

Para a obtenção do NDVI o material utilizado pode ser dividido em softwares e dados. Os softwares utilizados foram o *United States Geological Survey* (USGS), para a obtenção das imagens; o *QGIS 2.14.16* para edição vetorial e da tabela de atributos,

utilização de ferramentas de geoprocessamento para recorte de dados, álgebra de mapas para a geração do NDVI, e, por fim, a produção do *layout* dos mapas finais.

Os dados geográficos utilizados para o cálculo do NDVI foram vinte imagens do satélite *LandSat8*, cada uma com sua órbita/ponto e data (Tabela 3), fornecidas pelo site do *United States Geological Survey* (USGS). Utilizando-se, especificamente, as bandas 4 e 5 do *LandSat8*, referentes ao comprimento de onda do vermelho e infravermelho com Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), contendo as altitudes da área de estudo.

O cálculo do NDVI foi feito em etapas. A primeira consistiu em reprojeter as imagens para o sistema de coordenada de referência SIRGAS 2000, logo em seguida foi feito a correção atmosférica das imagens, para uma melhor visualização e veracidade nos resultados. Por último, a geração do NDVI foi obtido a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e 5 (visível – vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas (ver equação) para os anos de 2013, 2014 e 2016. Jensen (1996) descreve para o cálculo do NDVI a seguinte equação:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

Em que:

NDVI é o índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Infra-Vermelho Próximo.

R é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho

A Tabela 3 mostra a órbita, ponto e data de cada um dos Municípios que foram utilizados para os Mapas de NDVI.

Tabela 3 – Tabela com órbita/ponto e data de cada município estudado.

Cidade	Órbita	Ponto	Data
Bom Jesus	216	065	12/09/2013 23/11/2016
Pedra Branca	216	065	12/09/2013 23/11/2016
Patos	215	065	04/08/2013 02/12/2016
Santa Inês	216	065	12/09/2013 23/11/2016
Nazarezinho	216	065	12/09/2013 23/11/2016
Chorozinho	217	063	01/07/2013 23/09/2016
Ibiapina	218	063	26/09/2013 05/11/2016
Várzea Alegre	217	065	19/09/2013 29/10/2016
Guaraciaba do Norte	218	063	26/09/2013 05/11/2016
Caucaia	217	063	19/09/2013 26/08/2016

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos do USGS (2018).

5. Resultados e Discussão

5.1. Fenômenos Meteorológicos que influenciaram nas Maiores Precipitações

Serão analisados ano a ano, de 2012 a 2016, cinco cidades do Ceará e cinco da Paraíba que apresentaram as maiores precipitações.

O ano de 2012, não apresentou chuvas muito significativas em comparação com os outros anos, como pode ser observado nos gráficos de 1 a 6 a seguir. Na análise do boletim da Climá nálise de Fev. de 2012, choveu abaixo da climatologia na maior parte da Região Nordeste. Contudo, em alguns dias, o posicionamento dos VCANS e da banda de nebulosidade associada à ZCIT, que atuou em conjunto com a formação de LIs, contribuíram para a ocorrência de chuvas mais acentuadas em áreas isoladas nos setores norte e leste do Nordeste. O posicionamento dos VCANS foram bastante variáveis sobre o continente, ora inibindo ora favorecendo a ocorrência de chuvas. O primeiro episódio de VCAN contribuiu para as anomalias negativas de precipitação que predominaram nos setores nordeste e leste do Brasil durante os primeiros dias de fevereiro. A partir do dia 12, o posicionamento deste sistema favoreceu o aumento da atividade convectiva sobre o norte da Região Nordeste. (Boletim Climánálise - Fevereiro de 2012)

No ano de 2013, a atuação da ZCIT contribuiu para as chuvas abaixo da média no norte da Região Nordeste no decorrer do mês de fevereiro e início de março. Segundo o boletim InfoClima de fevereiro de 2013, o posicionamento anômalo da ZCIT ocorreu em resposta ao aquecimento das águas superficiais na região tropical do Atlântico Norte e comprometeu o final do período chuvoso no norte da Região Nordeste. Na Climánálise de Março 2013, encontra-se que devido o resultado do posicionamento anômalo da ZCIT os maiores déficits pluviométricos ficaram entre o norte do Maranhão e o Rio Grande do Norte.

O ano de 2014 foi o que apresentou maiores valores de precipitações diários, mensais e anuais. Isso ocorreu devido a (TSM) ter tido valores abaixo da climatologia na Bacia Norte do Atlântico Tropical. Esta configuração contribuiu para a atuação da (ZCIT), principal sistema responsável pela ocorrência de chuvas no norte da Região Nordeste. Baseado no boletim InfoClima de fevereiro de 2014, as águas superficiais mostraram-se mais aquecidas e os ventos de sudeste mais intensos do que a média de longo período no Atlântico Tropical Sul, contribuindo para a ocorrência de pluviometria mais acentuada

no leste da Região Nordeste do Brasil nos meses de abril a junho. No resumo da Climanálise de Mar. 2014, o posicionamento anômalo da ZCIT e a atuação dos vórtices ciclônicos em altos níveis contribuíram para o déficit pluviométrico no norte da Região Nordeste. No entanto, em alguns dias, estes mesmos sistemas favoreceram os acumulados diários de chuva nas cidades de Natal-RN (111,4 mm, no dia 14), Patos-PB (126,6 mm, no dia 19) e Barbalha-CE (131 mm, no dia 27), segundo dados do INMET. Destacou-se também a maior extensão das linhas de nuvens Cumulonimbus (LI) nos dias 13, 17, 18 e 30 de março (Climanálise de Março 2014).

É possível perceber que o ano de 2015 foi um dos que mais sofreram com a falta de chuva, quando comparado aos de 2013 e 2014. Houve um aquecimento das águas superficiais no setor leste do Oceano Pacífico, que indicou a continuidade do fenômeno El Niño nos outros meses. O padrão observado de anomalias da TSM, negativa no Atlântico Norte e positiva no Atlântico Sul, favoreceu a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) próximo à costa norte do Brasil, em torno de sua posição climatológica, no final de fevereiro e início de março. No decorrer da segunda quinzena de fevereiro, a atuação de vórtices ciclônicos na alta troposfera, em conjunto com a atividade convectiva associada à ZCIT, contribuiu para as chuvas acima da média em algumas áreas da Região Nordeste, embora os totais pluviométricos mensais tenham ficado predominantemente abaixo da média histórica. (Boletim InfoClima – Março de 2012).

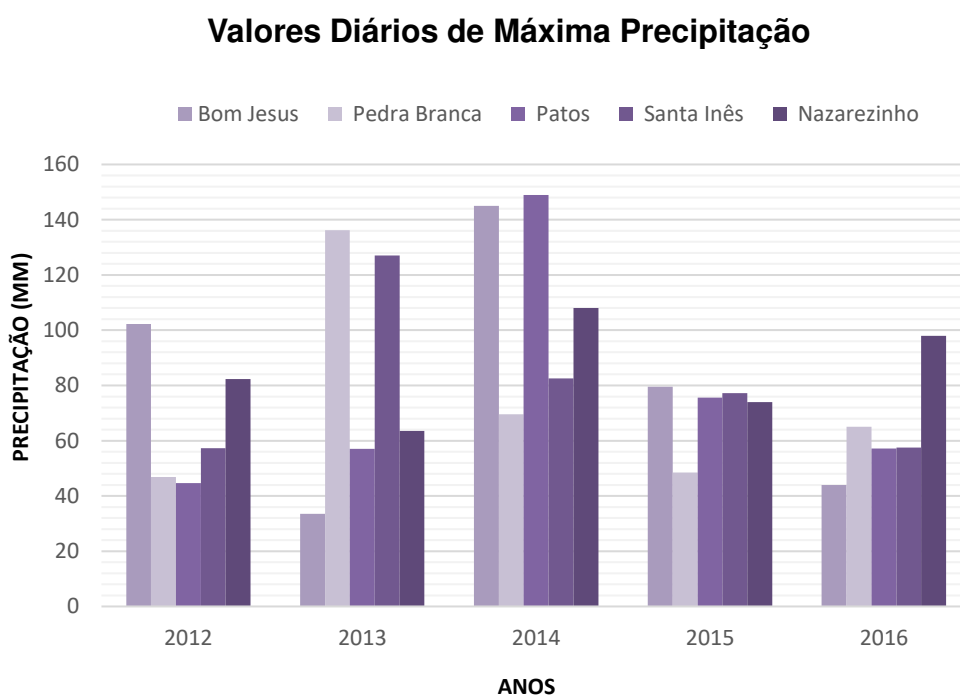
O ano de 2016 foi o que mais sofreu com o déficit de chuvas. Com base no boletim climatológico InfoClima de março de 2016, o verão sofreu com uma escassez pluviométrica no centro-norte e excesso de chuva no sul do Brasil, devido aos anos de El Niño. Em meados de janeiro, os padrões de circulação atmosférica passaram a ser influenciados por condições de bloqueio e oscilações atmosféricas intrassazonais que contribuíram para a formação de um longo episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul. A formação destes sistemas, em conjunto com a atuação de vórtices ciclônicos em altos níveis da atmosfera, resultou no aumento dos totais pluviométricos em partes das Regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. O fenômeno El Niño encontra-se em declínio no Pacífico Equatorial, especialmente adjacente à costa da América do Sul (na região conhecida como Niño 1+2). Porém, ao longo do mês de março, este fenômeno apresentou intensas anomalias positivas de Temperatura da Superfície do

Mar (TSM) na porção central e oeste do Pacífico Equatorial, que influenciaram a distribuição pluviométrica sobre o Brasil.

A partir da análise dos dados, os cinco municípios da Paraíba que obtiveram os maiores valores de precipitação foram: Bom Jesus, Pedra Branca, Patos, Santa Inês e Nazarezinho. Quanto aos meses com maior índice de chuva nesses municípios, ocorreram no período de fevereiro a maio.

Conforme o Gráfico 1, os valores diários de maior precipitação apresentados nos cinco municípios foram observados em março de 2013 e 2014, pelos boletins InfoClima, deve-se a atuação de um VCAN. Em contrapartida, em março de 2015 e março de 2016 tiveram, de modo geral, os valores mais baixos dentre os anos analisados.

Gráfico 1 – Maiores precipitações diárias do Estado da Paraíba.



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

Tabela 4 – Datas das maiores precipitação de cada Município Estudado da Paraíba.

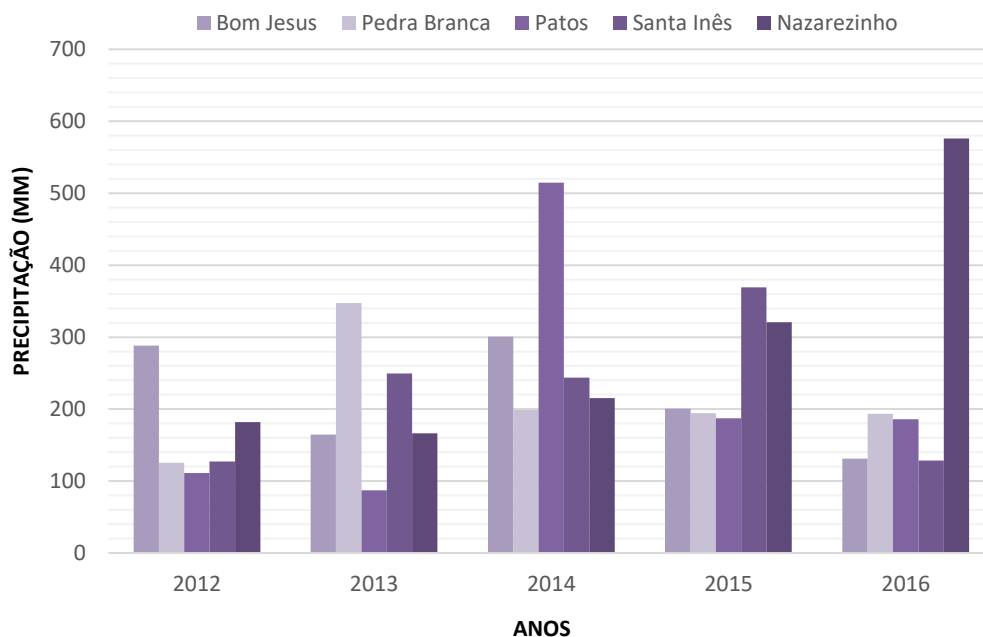
Ano/ Cidade	2012	2013	2014	2015	2016
Bom Jesus	24/02	19/03	15/03	02/03	22/01
Pedra Branca	20/02	20/03	17/04	09/05	31/03
Patos	19/02	20/12	19/03	04/02	22/01
Santa Inês	19/02	08/04	31/03	23/03	25/02
Nazarezinho	20/04	19/12	31/03	27/03	21/03

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

No Gráfico 2, quando analisamos a precipitação máxima mensal de cada município por ano, pôde-se perceber que o ano de 2014 obteve os maiores valores mensais, especialmente nos municípios de Patos e Pedra Branca. Em 2016, os valores de precipitação foram menores quando comparados ao ano anterior, exceto no município de Nazarezinho, que apresentou nesse ano sua maior precipitação mensal no período estudado.

Gráfico 2 – Maiores Precipitações Mensais do Estado da Paraíba.

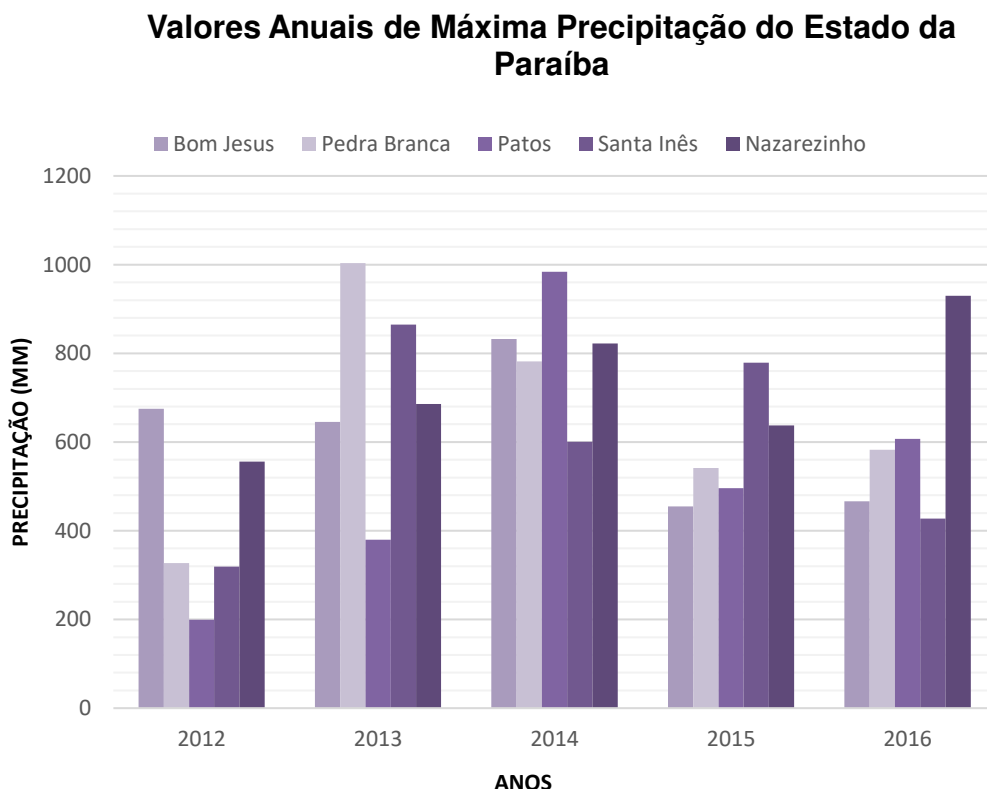
Valores Mensais de Máxima Precipitação do Estado da Paraíba



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

Analisando a precipitação anual dos cinco municípios estudados, através do gráfico 3, constata-se que, durante o período estudado, 2016 foi o ano com os menores valores de precipitação anual, enquanto que as chuvas mais significativas aconteceram no ano de 2014 no qual três dos cinco municípios ultrapassaram os 800 mm anuais; especialmente no município de Pedra Branca, o qual teve precipitação superior a 1000mm.

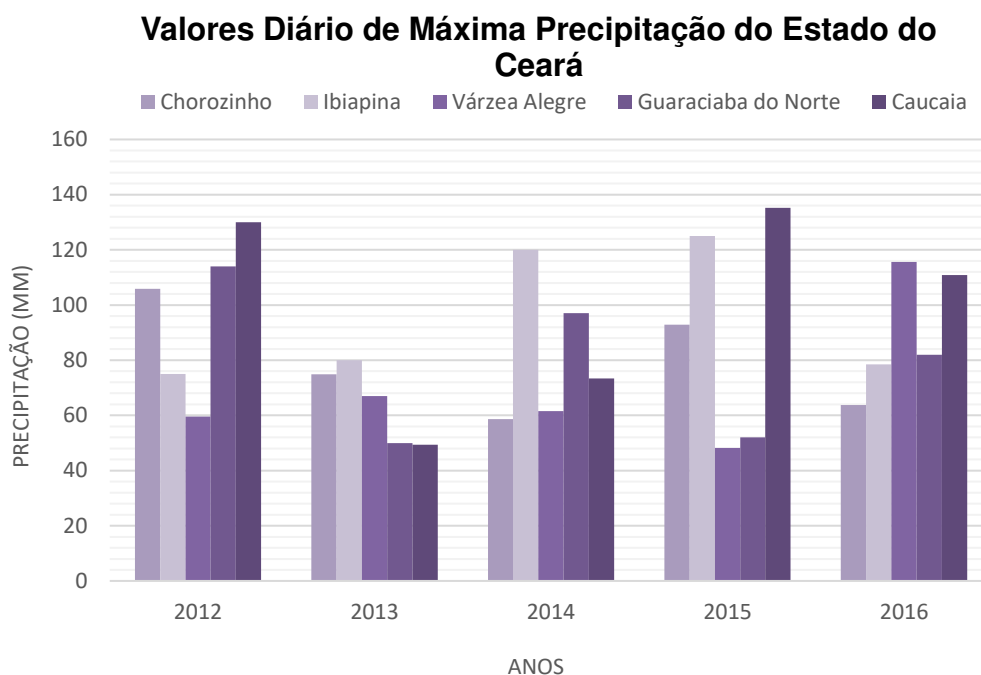
Gráfico 3 – Maiores Precipitações anuais do Estado da Paraíba.



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

Análise semelhante foi realizada no Estado do Ceará e teve Chorozinho, Ibiapina, Várzea Alegre, Guaraciaba do Norte e Caucaia como municípios de maior precipitação. Nesse contexto, o Gráfico 4 traz a perspectiva de precipitação diária máxima em cada ano desses cinco municípios e um padrão de precipitação se repetiu no período estudado, exceto no ano de 2013, quando os níveis milimétricos diários foram baixos em relação aos anos anteriores.

Gráfico 4 – Maiores Precipitações diárias do Estado do Ceará.



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

Em uma comparação realizada das Tabelas 4 e 5, percebe-se uma semelhança nos meses de chuvas dos dois Estados. As chuvas do ano de 2012 ficaram concentradas no mês de fevereiro, enquanto nos anos de 2014 a 2016, as chuvas ficaram concentradas entre os meses de março a maio.

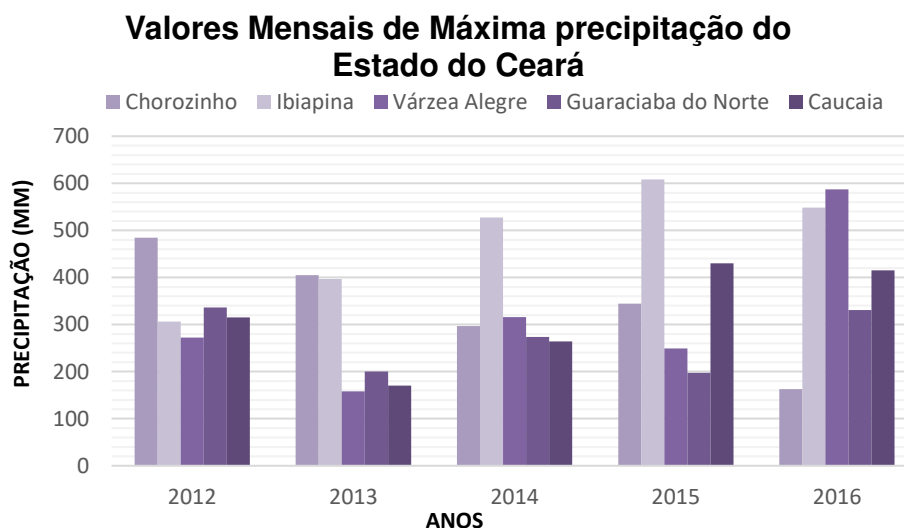
Tabela 5 – Datas das maiores precipitação de cada Município Estudado do Ceará.

Ano/ Cidade	2012	2013	2014	2015	2016
Chorozinho	18/02	19/05	28/05	23/03	26/01
Ibiapina	28/02	11/05	11/03	24/03	21/01
Várzea Alegre	19/02	20/03	10/02	07/02	19/03
Guaraciaba do Norte	27/02	10/05	18/03	23/03	24/01
Caucaia	28/03	22/04	30/04	24/03	03/04

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

Quando analisamos o Gráfico 5, percebemos que o ano de 2016 teve as maiores precipitações mensais, exceto no município de Chorozinho, que teve nesse ano o mês com menor precipitação máxima. Já em 2013, os índices foram baixos nesses municípios quando comparados com os outros anos estudados.

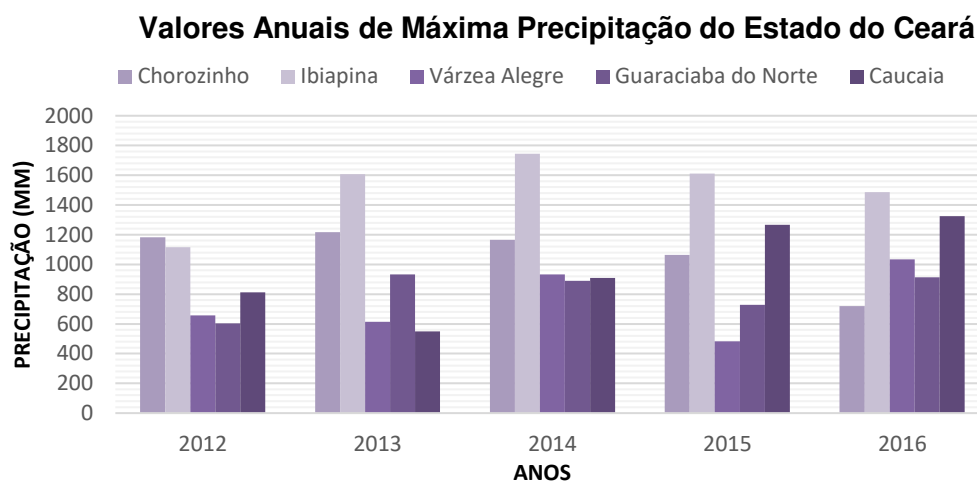
Gráfico 5 – Maiores Precipitações Mensais do Estado do Ceará.



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

Ao estudar a precipitação anual de cada um dos cinco municípios no período estudado, através do Gráfico 6, percebe-se que o município de Ibiapina tem constantemente as maiores precipitações anuais, ficando atrás de Chorozinho apenas no ano de 2012. Em 2015 e 2016, o município de Caucaia apresentou precipitações além da média obtida nos 3 anos anteriores.

Gráfico 6 – Maiores Precipitações anuais do Estado do Ceará.



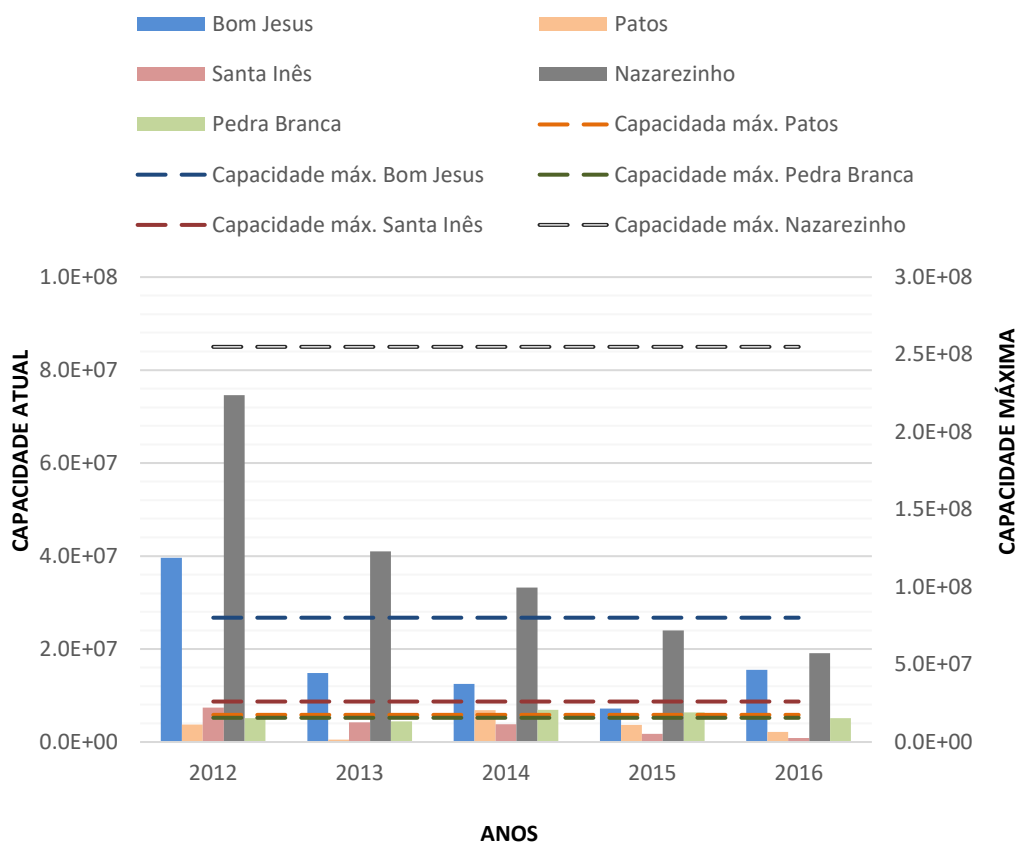
Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

5.2. Nível dos Reservatórios

No Gráfico 7 e na Tabela 4 pode-se observar o volume dos reservatórios em cada ano determinado e a capacidade máxima de cada açude. Verifica-se pela análise dos anos, a fase crítica da seca se encontra entre os anos de 2015 e 2016. Já que desde 2012 as chuvas ficaram abaixo da média climatológica, os reservatórios atingiram os valores mais baixos no final do período. O maior de todos em capacidade de armazenamento, o de Nazarezinho, teve uma redução de aproximadamente 55 milhões de metros cúbicos, estava com quase 33% da sua capacidade em 2012 caindo para 7% no ano de 2016. O reservatório de Patos apresentou um aumento significativo no ano de 2014, resultado das precipitações observadas. Já o reservatório de Bom Jesus apresentou um aumento no nível em 2016, contribuição de outras cidades que fazem parte da sua bacia, já que os acumulados anuais não concordam com o volume do reservatório.

Gráfico 7 – Volume dos reservatórios nos anos de 2012 a 2016 no Estado da Paraíba.

Nível dos Reservatórios



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da AESA.

Tabela 6 – Valores dos Volumes de Cada Reservatório do Estado da Paraíba.

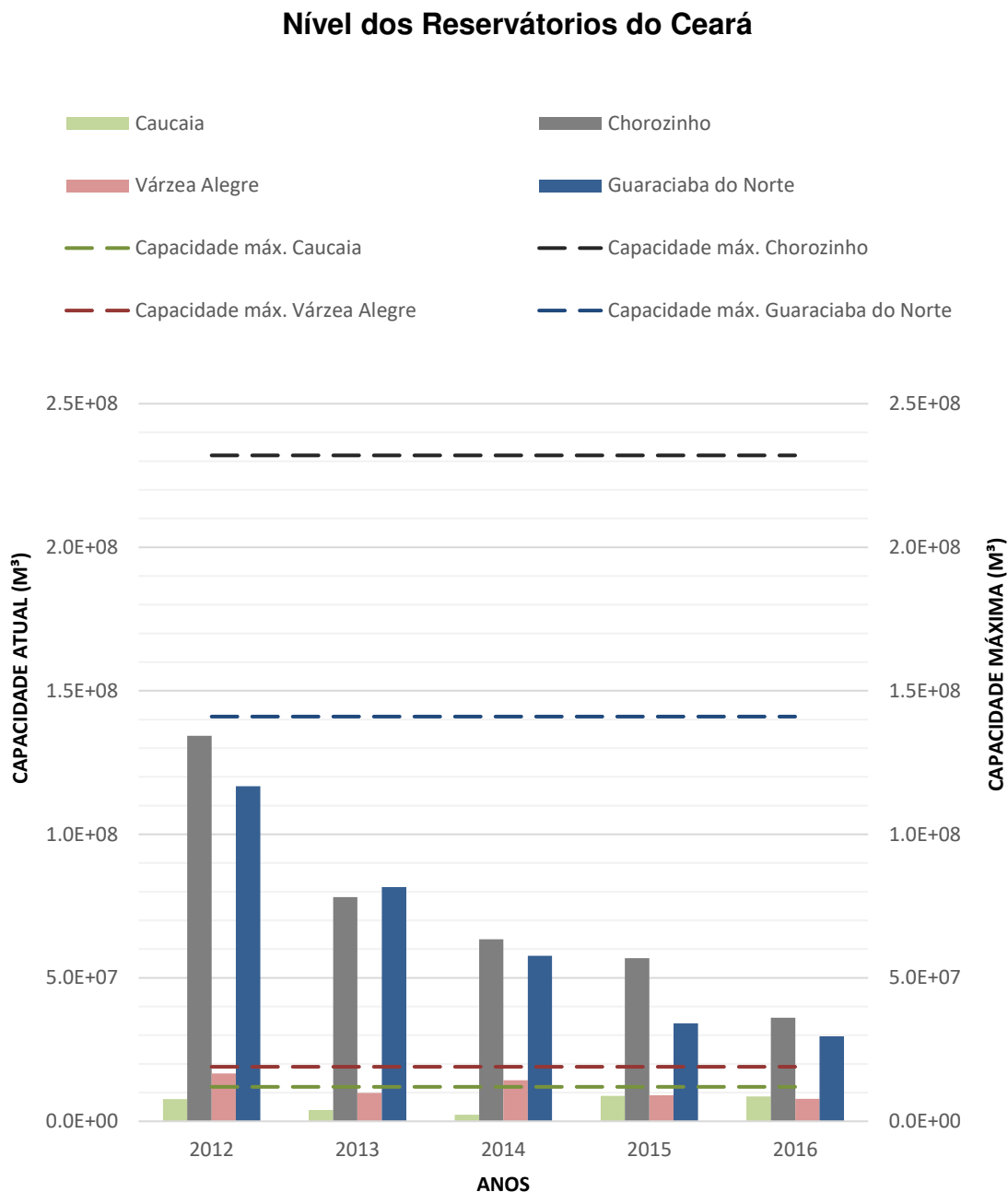
Cidade	Açude	Ano	Capacidade Atual (m³)	Capacidade Máxima (m³)
Bom Jesus	Lagoa do Arroz	2012	39.624.707	80.220.750
		2013	14.851.000	
		2014	12.490.842	
		2015	7.174.370	
		2016	15.523.775	
Patos	Jatobá	2012	3.743.425	17.516.000
		2013	498.382	
		2014	6.871.941	
		2015	3.666.442	
Pedra Branca	Açude Queimadas	2012	5.129.219	15.625.338
		2013	4.458.660	
		2014	6.937.446	
		2015	6.341.229	
Santa Inês	Santa Inês	2012	7.416.675	26.115.250
		2013	4.240.793	
		2014	3.832.562	
		2015	1.758.620	
Nazarezinho	Engenheiro Ávidos	2012	74.612.220	255.000.000
		2013	41.003.160	
		2014	33.236.940	
		2015	24.008.699	
		2016	19.094.380	

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da AESA (2018).

No Gráfico 8 e na Tabela 7 pode-se observar o volume dos reservatórios em cada ano determinado e a capacidade máxima dos reservatórios do Estado do Ceará. Percebe-se que os dois maiores reservatórios apresentaram uma queda significativa e contínua de 2012 até 2016. Com os dados da Tabela observa-se que o volume de Chorozinho em 2012 representava 57,9% da capacidade máxima, ele teve uma queda de 24,24% no volume de 2012 para 2013, mas de 2013 para 2014 a queda foi de apenas 6,31%, essa diminuição menor no volume foi devido principalmente aos acumulados de precipitação ocorridos no ano de 2014. O mesmo comportamento se observa nos demais reservatórios, exceto o de Caucaia que o volume diminuiu acentuadamente de 2012 até

2014, mas a contribuição das precipitações ocorridas em 2015 e 2016 foi significativa, diferente dos outros reservatórios, a localização da cidade que é litorânea, Caucaia foi provavelmente favorecida pelos sistemas meteorológicos de mesoescala atuantes nestes dois últimos anos, como brisas marítimas.

Gráfico 8 – Volume dos reservatórios nos anos de 2012 a 2016 no Estado do Ceará.



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA.

Tabela 7 – Valores dos Volumes de Cada Reservatório do Estado do Ceará.

Cidade	Açude	Ano	Capacidade Atual	Capacidade Máxima (x10⁶)
Caucaia	Cauhipe	2012	7.700.000	12
		2013	3.900.000	
		2014	2.250.000	
		2015	8.840.000	
		2016	8.660.000	
Chorozinho	Pacajus	2012	134.330.000	232
		2013	78.080.000	
		2014	63.430.000	
		2015	56.820.000	
		2016	36.100.000	
Várzea Alegre	Olho d'água	2012	16.670.000	19
		2013	9.840.000	
		2014	14.350.000	
		2015	9.100.000	
Guaraciaba do Norte	Jaburu I	2012	116.730.000	141
		2013	81.620.000	
		2014	57.690.000	
Ibiapina		2015	34.160.000	
		2016	29.580.000	

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos ANA (2018).

5.3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

Os valores de NDVI foram agrupados em seis classes e seus alvos de superfície, os valores positivos representam as áreas com vegetação (classe 3 a classe 6), enquanto os valores negativos são representados pelos corpos d'água (classe 1) e áreas sem vegetação (classe 2), como observado na Tabela 8.

Tabela 8 – Intervalos de NDVI correspondente a suas respectivas classes e alvos de superfície.

Intervalo do NDVI	Classes	Alvos de Superfície
-1 – -0,04	Classe 1	Corpos d'água
-0,04 – 0,03	Classe 2	Áreas sem Vegetação
0,03 – -0,14	Classe 3	Vegetação decídua menos densa
0,14 – -0,29	Classe 4	Vegetação decídua mais densa
0,29 – -0,69	Classe 5	Vegetação Semidecídua
>0,69	Classe 6	Vegetação Perenifólia

Fonte: BARBOSA (2017)

As áreas variando entre os tons de verde claro e escuro, indicam a presença de uma vegetação com maior atividade fotossintética. Nesse sentido, a coloração amarela indica a presença de uma vegetação de baixa atividade fotossintética. Os alvos de superfície representados pela cor laranja são indicativos de ausência de cobertura vegetal. Enquanto os alvos exibidos na coloração vermelha são indicativos para a existência de corpos d'água, de acordo com este índice. A análise de todas as imagens foram feitas nos anos de 2013, 2014 e 2016 do período entre julho e dezembro, que corresponde ao período seco das regiões.

O Município de Bom Jesus é caracterizado pela vegetação da caatinga xerófila. No ano de 2013 (Figura 2A) as classes dos corpos d'água foram maiores quando comparadas ao ano de 2016 (Figura 2B). É possível perceber uma área maior de vegetação decídua mais densa (folha secas) no ano de 2016 e vegetação semidecídua (mistura de folhas secas e verdes) em 2013. Isso concorda como acumulado anual no qual a diferença de 2013 para 2016 foi de 178,7 mm.

Figura 2 – Mapas do NDVI do Município de Bom Jesus na Paraíba.

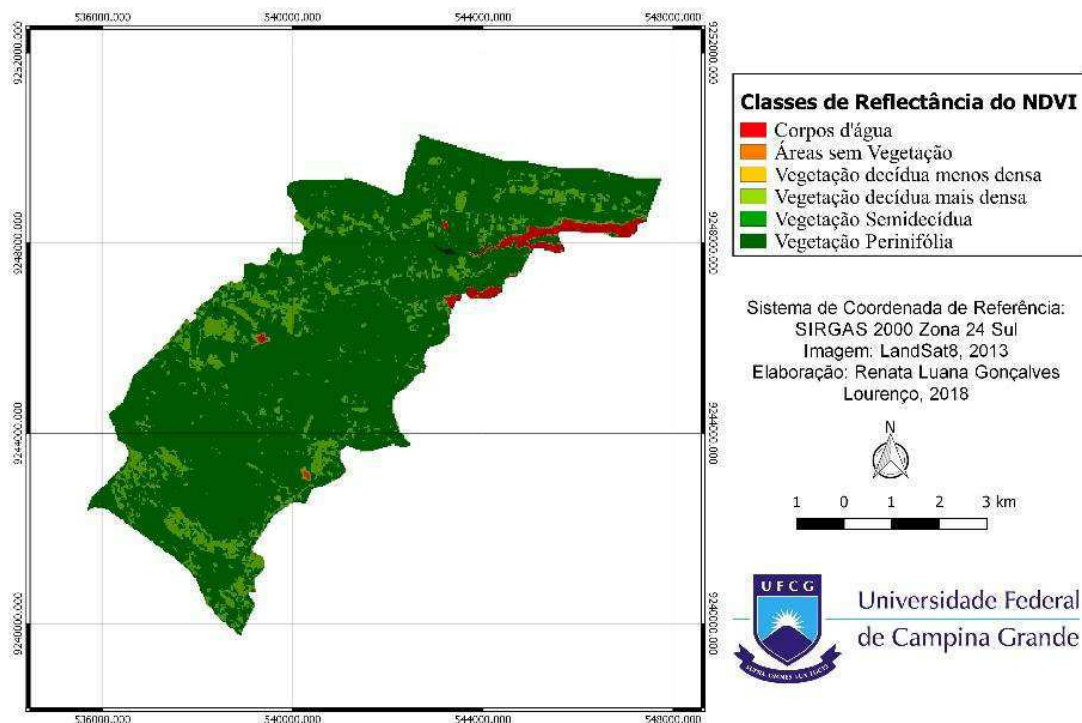


Figura 2A – Datada 12/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

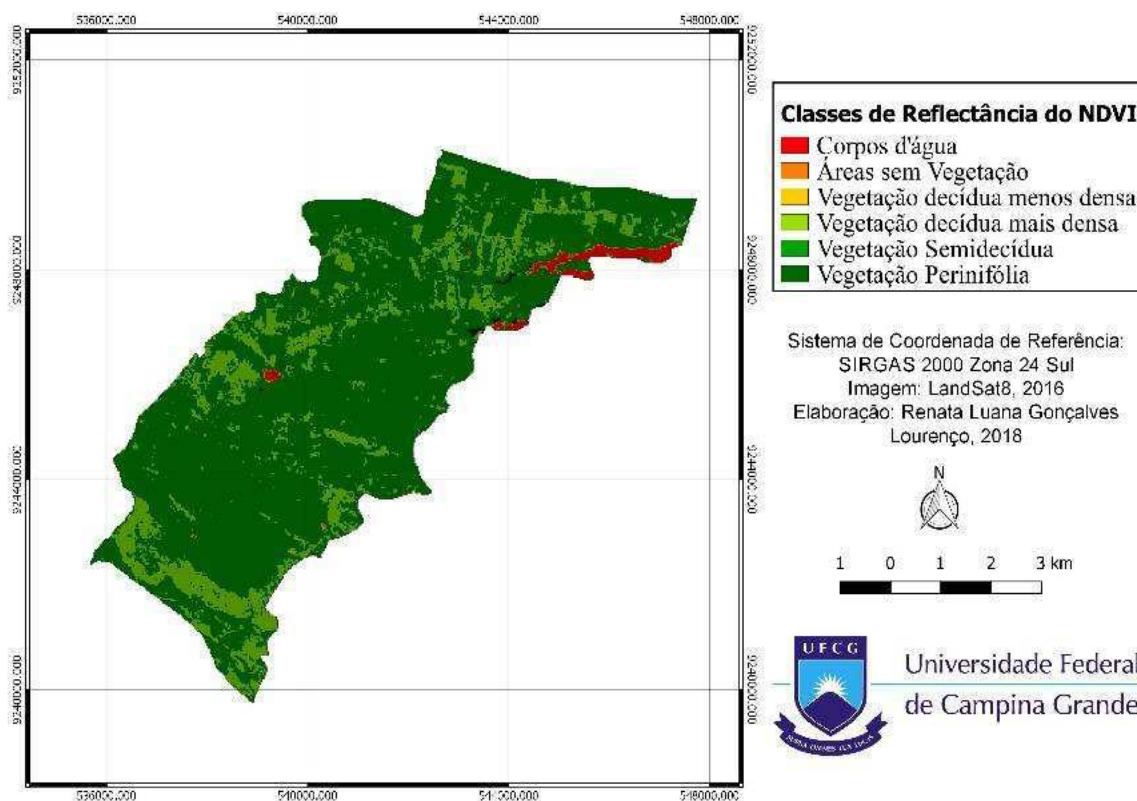


Figura 2B – Datada 23/11/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

No Município de Nazarezinho, é notável nas Figuras 3A e 3B, perceber pouca diferença quanto aos corpos d'água. No ano de 2016 (Figura 3B), é possível observar pequenos pontos de corpos d'água, enquanto no ano de 2013 (Figura 3A) não apresentou excpectros de corpos d'água. Concordando com a diferença na precipitação anual, onde em 2016 choveu 243,8 mm a mais que em 2013. Quanto a vegetação, observa-se que no ano de 2016, apresentou em grande parte, vegetação decídua menos densa, ou seja, vegetação seca. Enquanto no ano de 2013 apresentou em alguns pontos vegetação perinifólia (caracterizada por manter suas folhas todo o ano), em tons de verde mais escuro.

Figura 3 – Mapas do NDVI do Município de Nazarezinho na Paraíba.

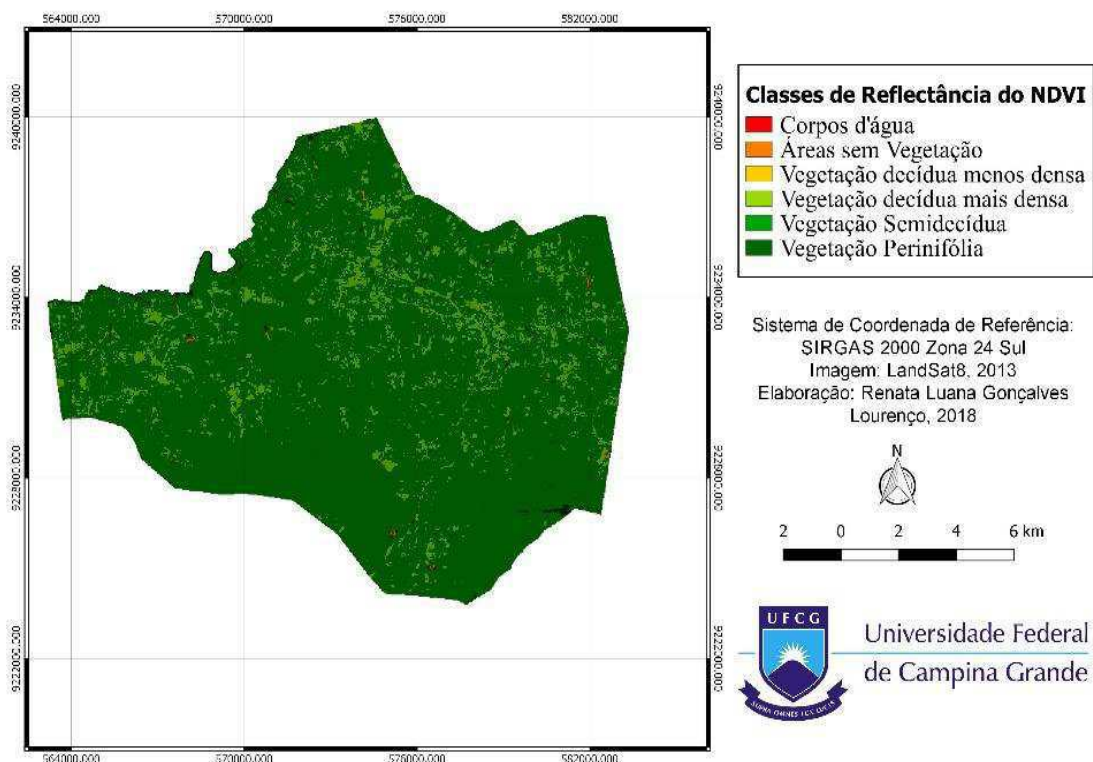


Figura 3A- Datada 12/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018).

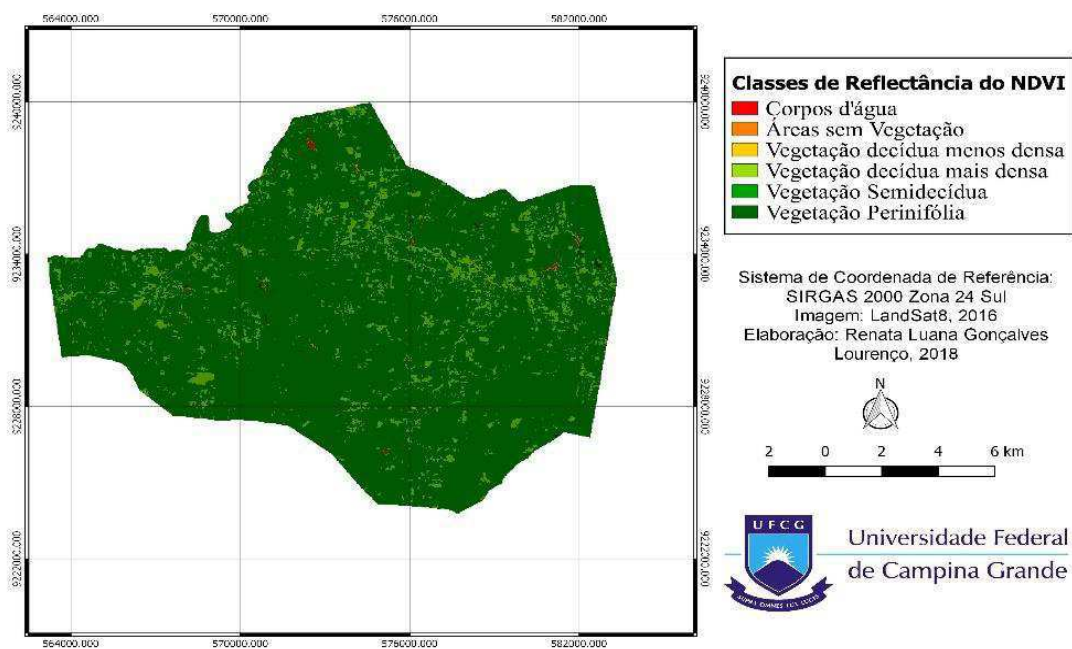


Figura 3B- Datada 23/11/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

No Município de Patos é possível notar uma mudança discrepante na vegetação com o passar dos anos. Nota-se que no ano de 2013 (Figura 4A) era predominante a vegetação decídua mais densa sem apresentar espectros de corpos d'água. Enquanto que no ano de 2016 (Figura 4B), a maior parte da área é ocupada por vegetação decídua mais densa, e com pontos de corpos d'água. Os acumulados no ano de 2016 foram maiores 227,2 mm do que em 2013. Os resultados nas superfícies também são resultados do que ocorreu nos anos de 2014 e 2015. E as precipitações em 2014 foram significativas.

Figura 4 – Mapas do NDVI do Município de Patos na Paraíba.

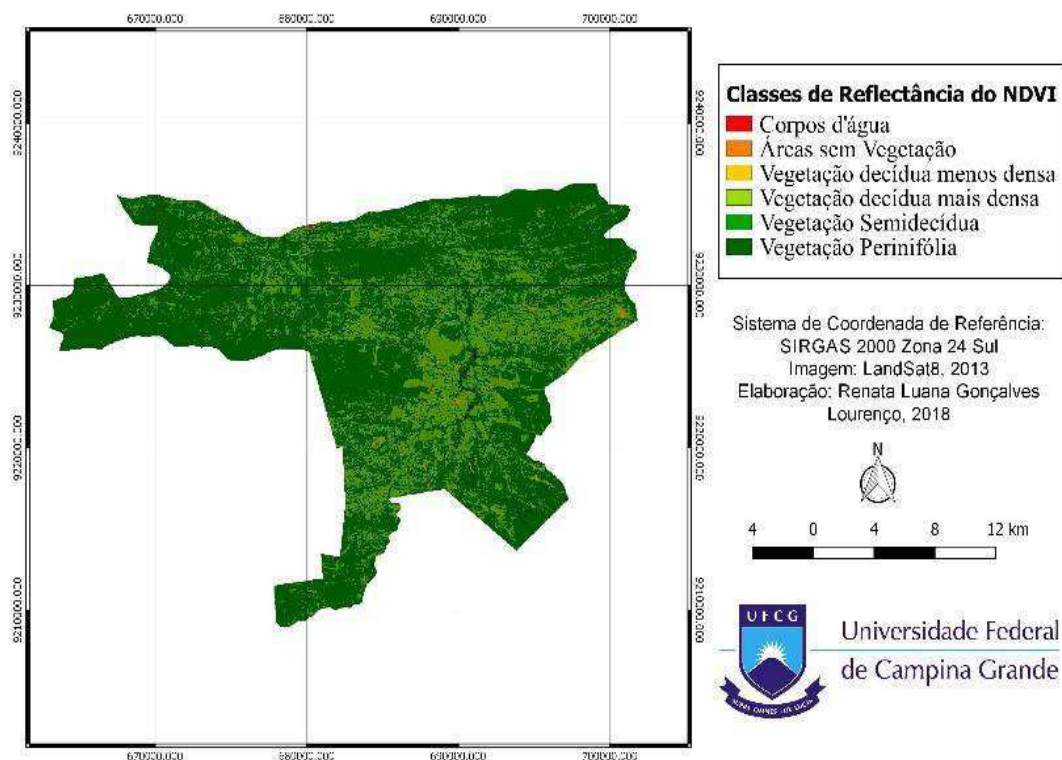


Figura 4A - Datada 04/08/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

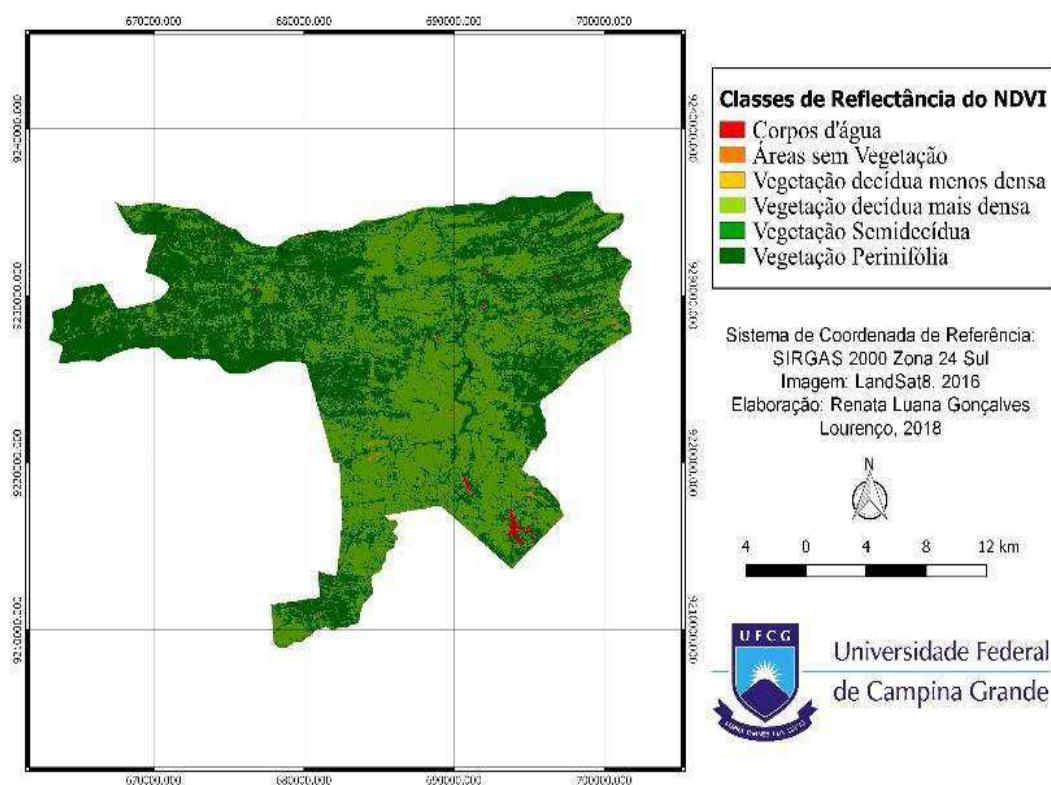


Figura 4B- Datada 02/12/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

O Município de Pedra Branca se encontra localizado na Região Metropolitana do Vale do Piancó. O ano de 2013 (Figura 5A) foi caracterizado por ter uma vegetação Semidecídua (presença de folhas secas e verdes) e em alguns pontos vegetação decídua mais densa (folhas secas). No ano de 2016 (Figura 5B), diferentemente de 2013, a maior parte da área apresentou vegetação decídua mais densa. Quanto aos corpos d'água, pode ser percebido que em alguns pontos que havia água em 2013, se encontraram preenchido por vegetação em 2016, isso pode ter ocorrido devido ao período de seca. O ano de 2013 foi o que apresentou o maior acumulado para Pedra Branca, apresentando quase o dobro do acumulado em 2016, 420,8 mm.

Figura 5 – Mapas do NDVI do Município de Pedra Branca na Paraíba.

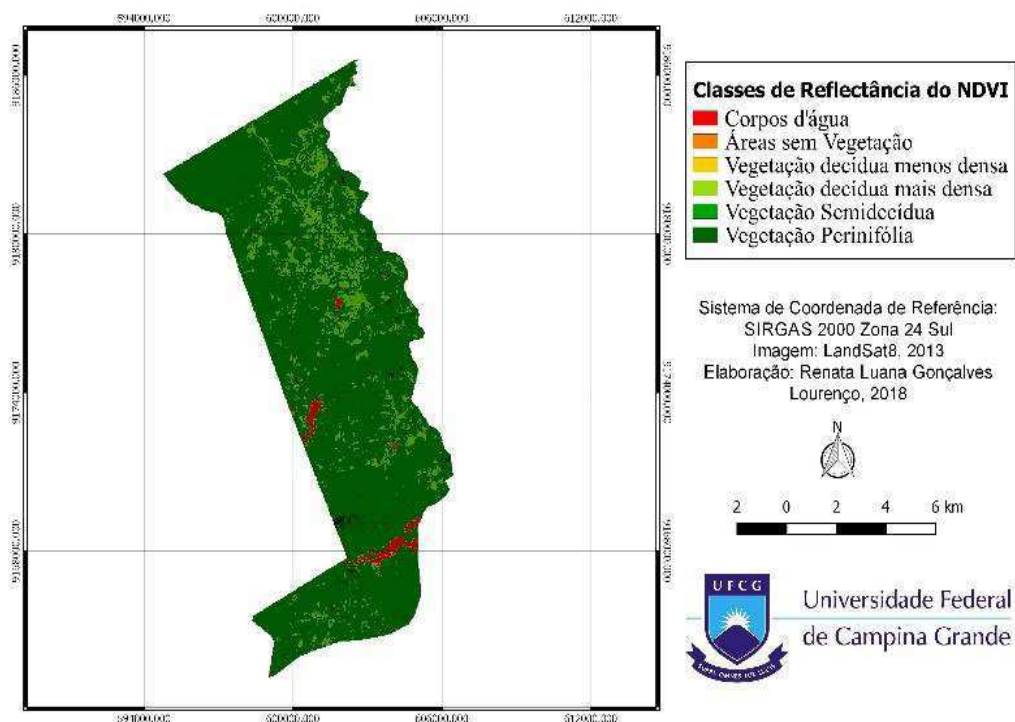


Figura 5A – Datada 12/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

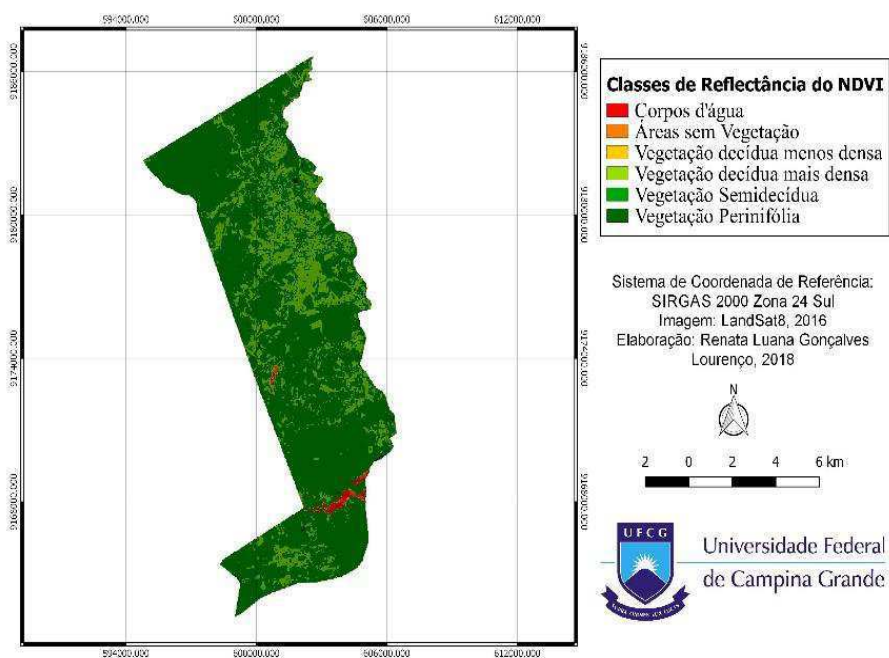


Figura 5B - Datada 23/11/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

O Município de Santa Inês também se encontra localizado na Região Metropolitana do Vale do Piancó. O ano de 2013 (Figura 6A) foi caracterizado por apresentar maior parte de sua área Vegetação Semidecídua, tendo alguns pontos com vegetação decídua mais densa. Apresentou pontos de corpos d'água, em vermelho, e áreas sem vegetação, indicando em tons de laranja. Já no ano de 2016 (Figura 6B), apresentou uma área maior de Vegetação decídua mais densa, do que no ano de 2013. Diferentemente do ano de 2013, o ano de 2016 não apresentou espectros de corpos d'água, foi o ano que menos choveu depois de 2012. Já o ano de 2013 foi o mais chuvoso de todo o período estudado, praticamente o dobro do que choveu em 2016.

Figura 6 – Mapas do NDVI do Município de Santa Inês na Paraíba.

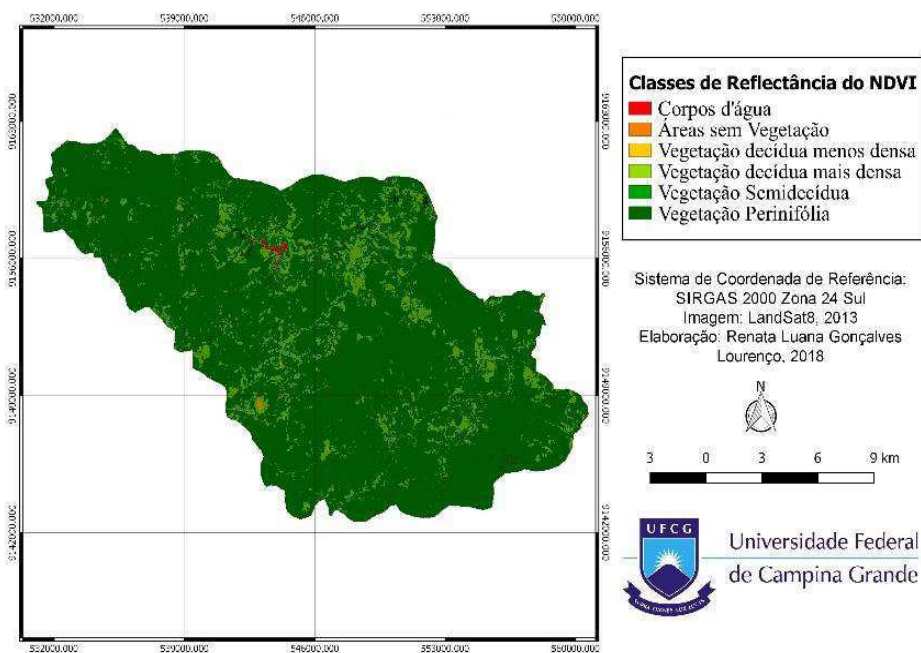


Figura 6A – Datada 12/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

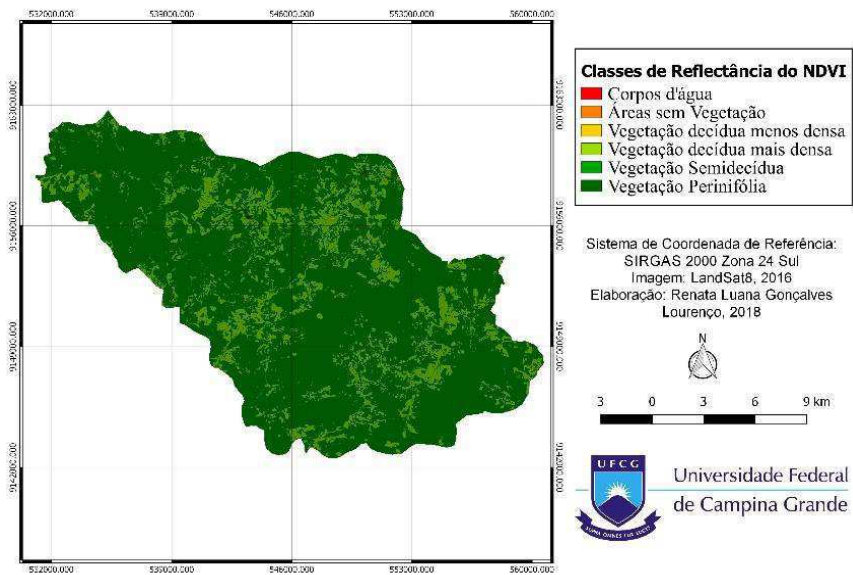


Figura 6B – Datada 23/11/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

O Município de Caucaia, Ceará, apresentou um padrão de mudança da vegetação predominante entre 2013 e 2016, já que o acumulado em 2016 foi mais que o dobro de 2013. Através da observação dos espectros das Figuras (7A e 7B) pode-se observar que a vegetação perenifolia é quase toda substituída por uma vegetação semidecídua no ano de 2016 (Figura 7B).

Figura 7 – Mapas do NDVI do Município de Caucaia no Ceará.

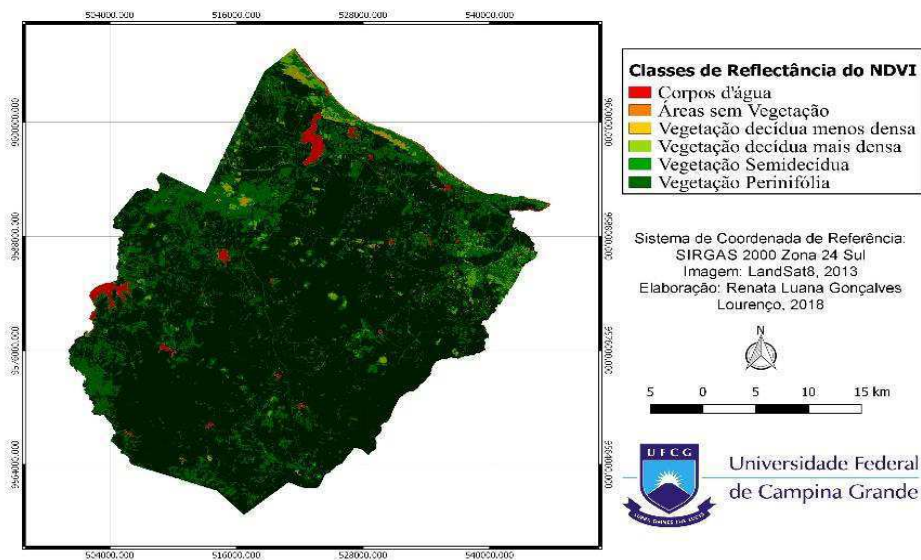


Figura 7A – Datada 19/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

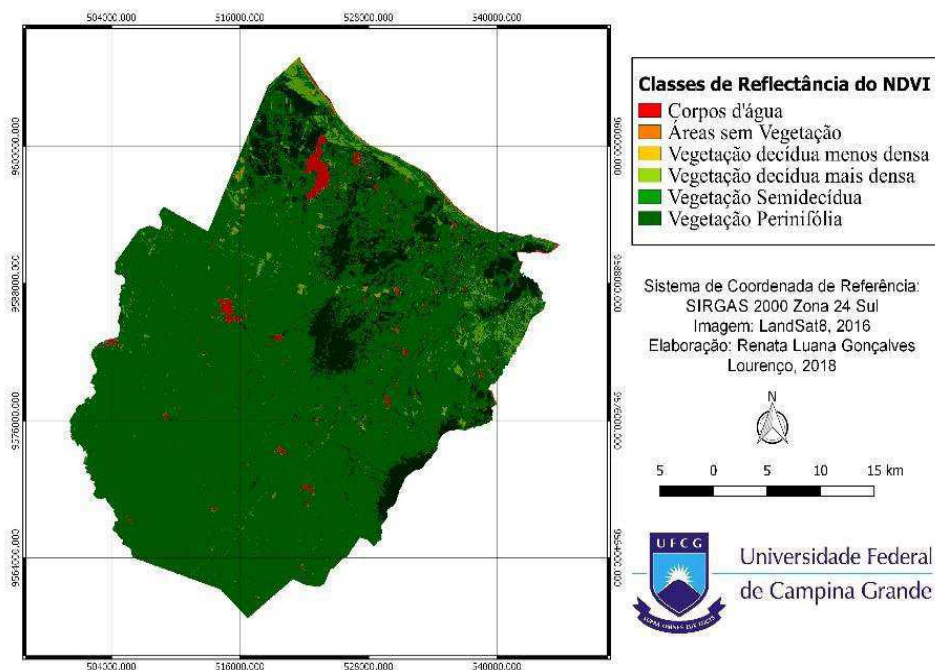


Figura 7B – Datada 26/08/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

Os gráficos a seguir trazem os espectros do município de Chorozinho-CE. Em 2013 (Figura 8A), a vegetação tinha características predominantemente mistas de perenifólia e semidecídua. Com o passar dos anos, a vegetação semidecídua tomou quase que por completo o área do município. Quanto aos corpos d'água, notou-se uma diminuição com o passar dos anos. É possível perceber que no ano de 2013, o açude se encontrava maior, enquanto no ano de 2016 (Figura 8B) parte dele se encontrava no espectro de área sem vegetação, em tons de laranja. Em Chorozinho os acumulados de precipitação foram caindo no decorrer dos anos de 2013 a 2016.

Figura 8 – Mapas do NDVI do Município de Chorozinho no Ceará.

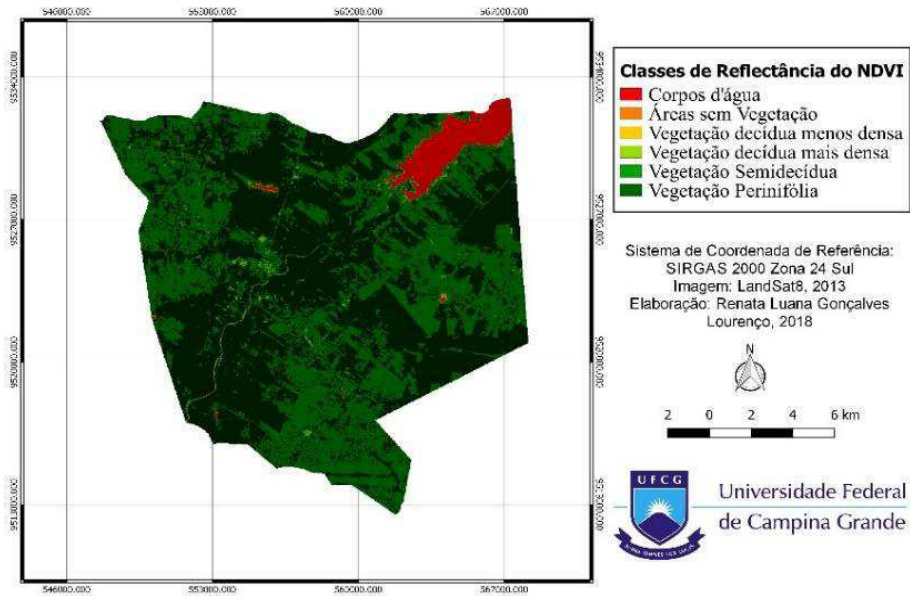


Figura 8A – Datada 01/07/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

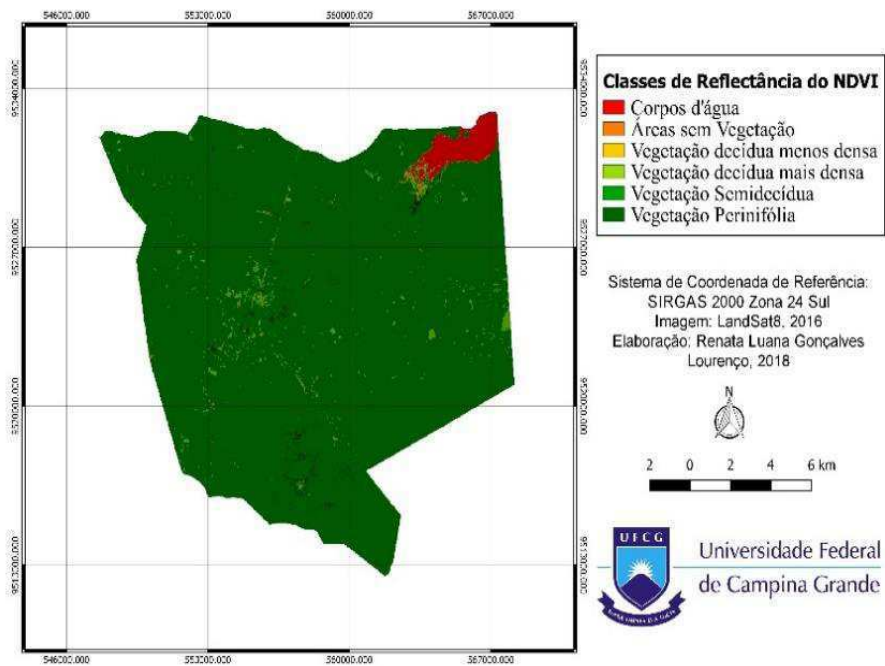


Figura 8B – Datada 23/09/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

O município de Guaraciaba do Norte-CE apresentou uma constância significativa na visualização dos espectros de vegetação com o passar dos anos estudados. Isso porque nos dois anos os acumulados foram praticamente iguais. Nas duas figuras é possível perceber uma diminuição da vegetação perenifólia. Nota-se uma presença parecida nos dois anos da vegetação decídua mais densa e vegetação semidecídua, sendo a maior área ocupada pela vegetação semidecídua.

Figura 9 – Mapas do NDVI do Município de Guaraciaba do Norte no Ceará.

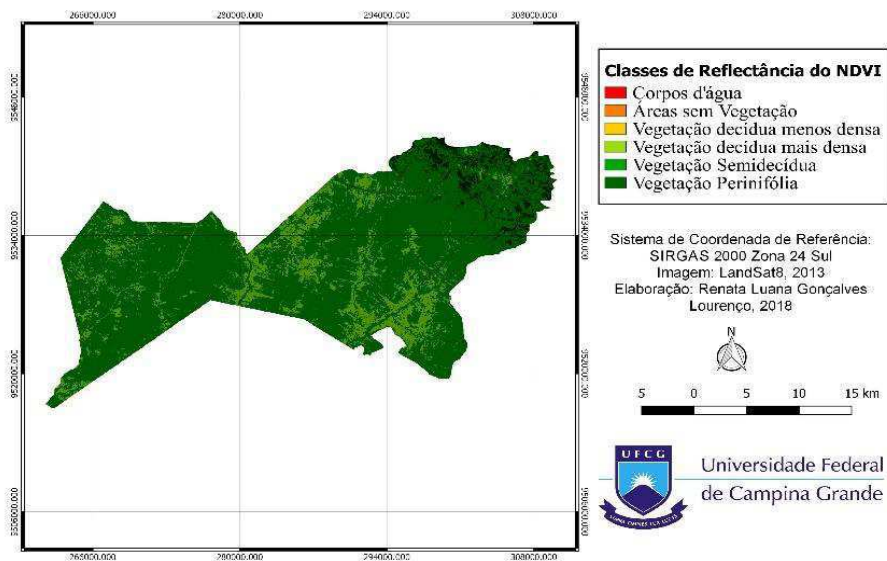


Figura 9A – Datada 26/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

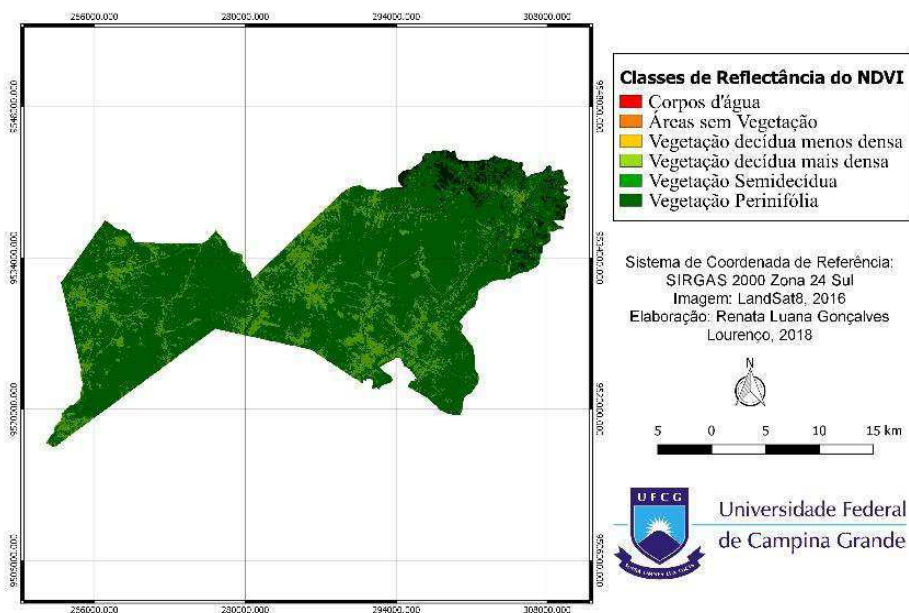


Figura 9B - Datada 05/11/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

No município de Ibiapina-CE, é possível perceber pouca diferença nos dois anos. No ano de 2013 (Figura 10A), pode ser observada uma concentração de vegetação perenifólia e pouca vegetação decídua mais densa, e a maior área sendo ocupada pela vegetação semidecídua. O ano de 2016 (Figura 10B), teve um aumento da vegetação decídua mais densa, e uma diminuição, comparada ao ano de 2013, da vegetação Perenifólia. Ibiapina foi, das cinco cidades do Ceará, a cidade que mais choveu, nos anos de 2013 a 2016.

Figura 10 – Mapas do NDVI do Município de Ibiapina no Ceará.

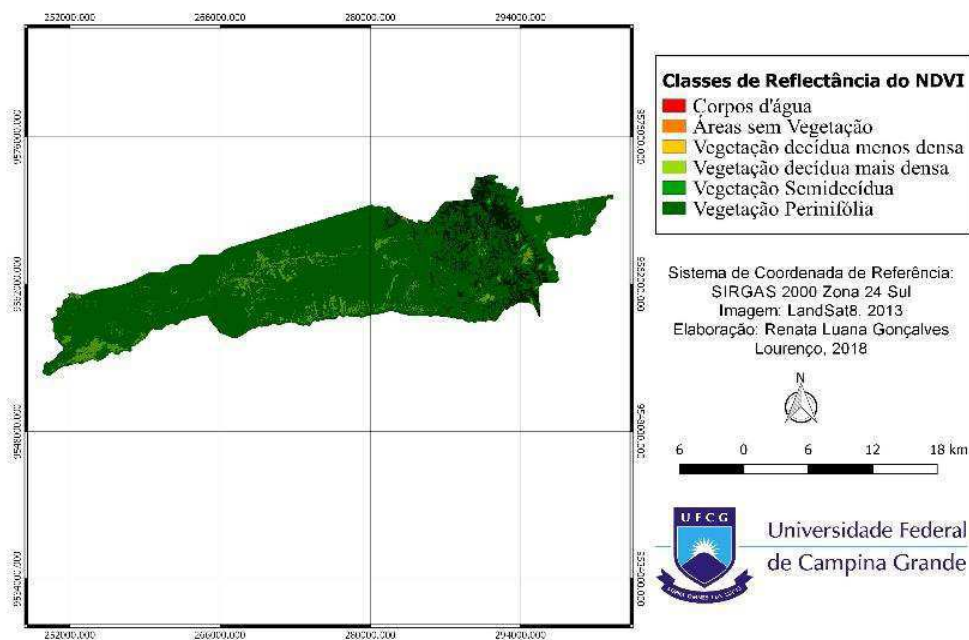


Figura 10A – Datada 26/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

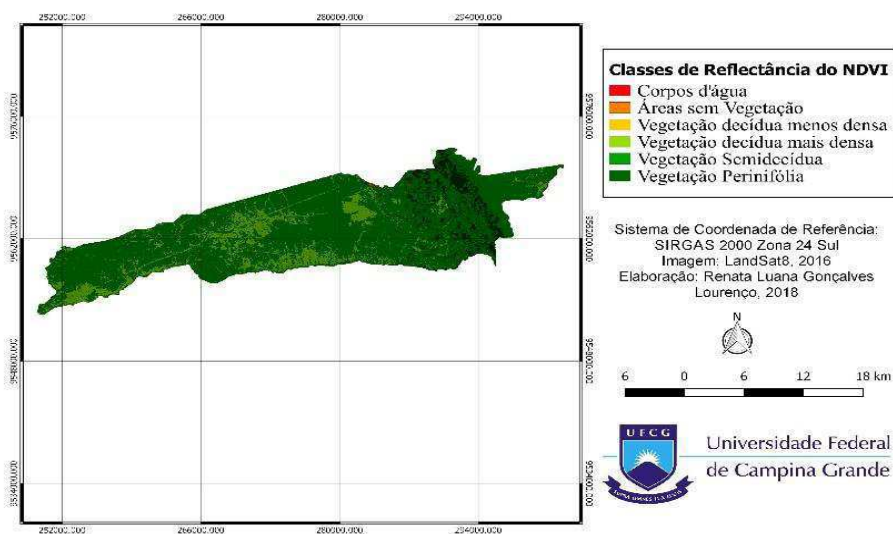


Figura 10B – Datada 05/11/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

Em Várzea Alegre, Ceará, no ano de 2013 (Figura 11A) nota-se boa parte da área ocupada pela vegetação decídua mais densa, e a vegetação semidecídua ocupando a maior área. É possível perceber que o ano de 2016 (Figura 11B), tem características muito semelhantes ao ano de 2013, mas apresenta pontos de vegetação perenifólia. Quanto aos corpos d'água, os dois anos apresentaram características semelhantes, tendo mais corpos d'água em 2016, além do tamanho das áreas ocupadas por esses corpos d'água ser maior neste ano. Esse resultado é devido aos acumulados nos anos de 2013 e o de 2016, porque em 2016 choveu mais de 400 mm que em 2013.

Figura 11 – Mapas do NDVI do Município de Várzea Alegre no Ceará.

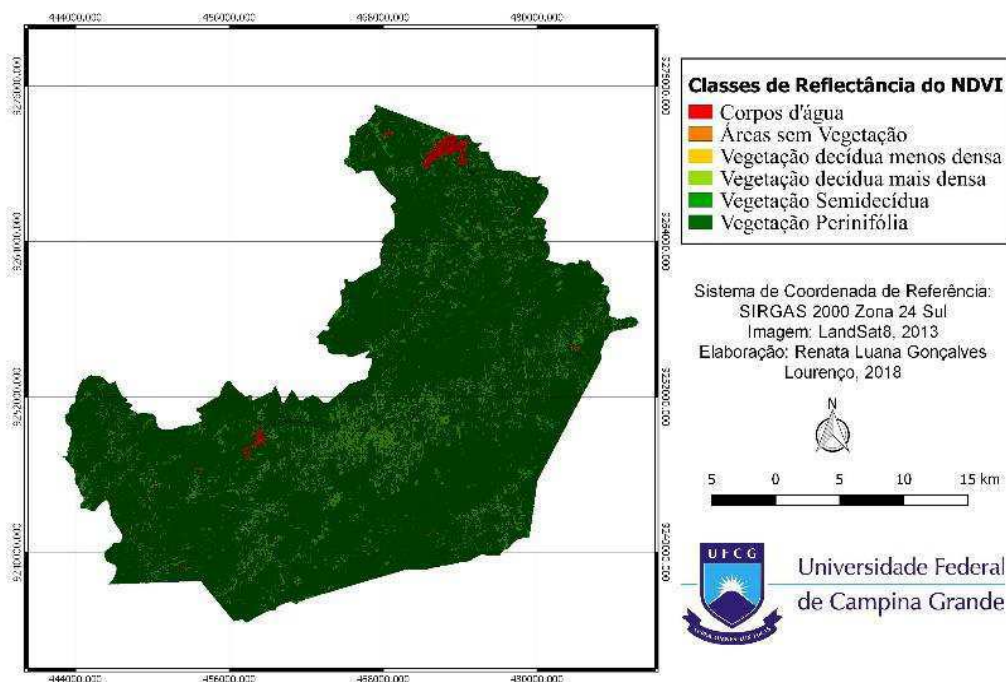


Figura 11A – Datada 19/09/2013. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

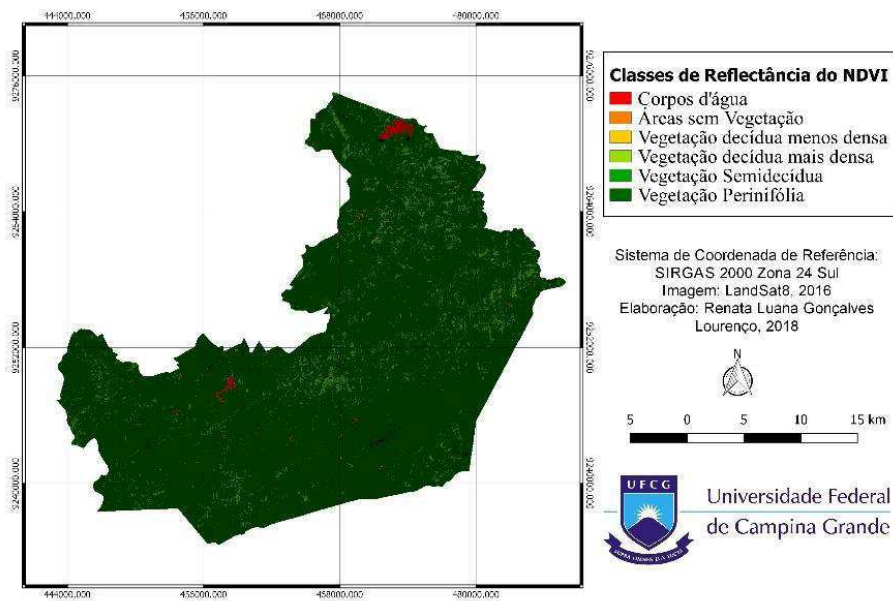


Figura 11B - Datada 29/10/2016. Fonte: Elaborada pela autora. (2018)

Nas vinte imagens, pode ser observado que classe temática 1 apresentou valores de NDVI negativos. Os valores variaram entre (-1 – -0,04) e são indicativos da presença de corpos d'água por essa razão, assim como pelas geformas desses alvos. Estão localizadas principalmente nas áreas onde se encontram rios, lagos ou açudes. É possível notar que no ano de 2016, alguns lugares que se encontravam corpos d'água, não foi detectado pelo sensor do satélite, mostrando que estas laminas d'água secaram neste ano, isso no Estado da Paraíba. Logo, variação mensal e anual de precipitação para uma mesma área exerce bastante influência sobre os valores deste índice.

A classe 2 é indicativa de superfícies sem vegetação, os seus valores variaram entre (-0,04 – 0,03), exibindo comportamento correspondente a presença de solos descobertos, rochas, áreas urbanizadas e outras áreas sem vegetação. Além disso, as geformas poligonais desses alvos também reforçam a ideia de zonas de uso antrópico.

Na classe 3 estão indicativos da presença de baixa atividade fotossintética, com alvos de superfície onde ocorrem a mistura espectral das áreas sem vegetação com áreas de cobertura vegetal menos densa. Já a classe temática 4 apresentou valores de NDVI inseridos totalmente na escala de valores positivos, indicando um nível de cobertura vegetal superior a classe 3, porém ainda inicial no que diz respeito a atividade fotossintética e presença de clorofila, de acordo com os parâmetros deste índice. É

possível perceber que as imagens de 2013 e 2016, houve grande diferença na vegetação inicial.

Na classe 5 refere-se às áreas que obtiveram intervalos de NDVI entre (0,29 – 0,69), indicando valores de reflectância demonstrativos de alvos de superfície onde podem ser encontradas vegetação verde. A classe 6 obteve os valores mais altos de NDVI, com valores de reflectância agrupados maiores que 0,69, indicando locais de alta atividade fotossintética, com presença de vegetação verde de forma mais densa que a Classe 5.

Em um estudo realizado por Braga (2005), mostra uma análise do NDVI na região Nordeste do Brasil no período de 1981 a 1990. Como o forte El Niño que influenciou as precipitações do ano de 2016, o ano de 83 também teve uma forte influência desse fenômeno, ocasionando chuvas abaixo da média nas regiões central sul e sudeste da Bahia e parte do litoral leste. Já no ano de 89, teve precipitações elevadas no Noroeste do Maranhão e no litoral leste do Nordeste, enquanto precipitações abaixo da média apresentaram-se nas regiões semiáridas do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco. Os anos de 82, 84 e 87 foram baixos, mas não quanto o de 83.

No trabalho de Almeida e Medeiros (2017), em uma análise nas mesorregiões paraibanas do Sertão e Borborema, nos anos de 1961-2015, destacaram-se os anos de 1992, de El Niño de intensidade forte, por ter chovido acima do esperado (acima de 100 mm), enquanto o ano de 1983 e 1988 choveu abaixo da média. Já o evento de La Niña de intensidade forte de 2008, por ter chovido quase o dobro do esperado (acima de 500 mm). Os anos indicados como neutros (sem ENOS) foram os de 2012 a 2014.

6. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo principal identificar os sistemas meteorológicos que mais contribuíram para as precipitações ocorridas no período de 2012 a 2016 e determinar dentre estes fenômenos quais os que provocaram os maiores acumulados de precipitação, nos Estados da Paraíba e do Ceará. Estes Estados sofrem com longos períodos de secas e de chuvas intensas, ambos causando prejuízos ambientais e econômicos. Faz-se necessário o estudo desses fenômenos, para auxiliar nas previsões destes fenômenos e auxiliar nas tomadas de decisões de quais as melhores formas de mitigar os prejuízos que possam vir a ser causados pelos períodos de cheias e secas.

Foram analisados os maiores valores de precipitações dos anos de 2012 a 2016 de cidades dos Estados da Paraíba e do Ceará. Foi observado que as maiores chuvas aconteceram entre os meses de fevereiro a maio, e com valores mensais acima de 500 mm na Paraíba e acima de 600 mm no Ceará. Nesse estudo foram observados os fenômenos que mais contribuíram para os acumulados de precipitação nos dois Estados. Além disso, foi feita a análise da influência que essas precipitações tiveram nos reservatórios e sobre a vegetação da região.

Pode-se concluir que:

- Na Paraíba o maior valor diário de precipitação ocorreu em Patos, em 19 de Março (149 mm) de 2014, já no Ceará o máximo valor foi de 135,2 em 26 de março, e ocorreu em Caucaia em 2015. Os totais anuais mostraram que os acumulados são maiores no Estado do Ceará em comparação aos da Paraíba. Quando se analisa o total anual o ano de 2014, foi o ano mais chuvoso para os dois estados, seguido pelo ano de 2013 na Paraíba e o ano de 2016 no Ceará;

- As maiores precipitações ocorridas foram nos anos de 2013 e 2014 devido a atuação de VCANs e a atuação da ZCIT, no Ceará destacou-se também as LIs. Enquanto no ano 2016 foi o ano que obteve as menores precipitações, devido a atuação do fenômeno do El Niño ter sido o mais forte nos últimos anos. Diferente dos anos 2012 e 2013, o ano de 2014, as condições dos oceanos Atlântico e Pacífico foram favoráveis a ocorrência de instabilidades tropicais associadas à ZCIT. Confirmando a importância desse sistema para a precipitação da Paraíba e do Ceará. Depois desse sistema o VCAN é um fenômeno fundamental para acumulados significativos.

- Foi possível perceber maiores áreas com vegetação, através do NDVI ocorreram no ano de 2013 na Paraíba. O ano de 2013 foi caracterizado por apresentar áreas maiores com presença de corpos d'água. Já nas áreas do Ceará em algumas cidades, o ano de 2016 foi melhor, enquanto em outras funcionaram igual as da Paraíba.

O estudo realizado neste trabalho pode exercer um grande papel no gerenciamento dos recursos hídricos de regiões semiáridas, ajudando nas tomadas de decisões de dimensionamento de reservatórios quanto ao conhecimento das precipitações locais. Além de ajudar para medidas de preservação e recuperação de áreas degradadas, assim como, sendo importante para planejamentos ambientais.

Sugestão de Trabalhos Futuros: Análises em cima da média climatológica de quais fenômenos contribuíram mais para o período chuvoso em um evento forte de La Niña.

7. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA.

Meteorologia: Dados de Chuva Diária, Paraíba, 2012. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/medicaoPluviometrica.do?metodo=chuvasDiariasMapa>.

Acesso em: 20 de março de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso

em: 20 de março. 2018.

AMBRIZZI, Tercio. et al. **Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais**: relatório 3. Brasília: MMA, 2007.

ALMEIDA, Hermes Alves de.,MEDEIROS, Everton de Araújo. **Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno EL Niño Oscilação Sul**. Journal of Environmental Analysis and Progress, Recife, V. 02 N. 03 (2017) 177-185.

ALVES, José Maria Brabo., et al. **Episódios de La Niña na bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a distribuição sazonal e intrasazonal das chuvas no setor norte do Nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v.12, n.12, pp. 63- 76, 1997. Disponível em: . Acesso em: 12/2012.

ANABOR, Vagner., 2008: **Sistemas Convectivos de Mesoescala no Sul da América do Sul: propagação em série contra o escoamento em baixos níveis**. Tese de Doutorado, Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria, 78 pp.

ANABOR, Vagner., 2004: **Descriptive analyses of meso- α convective systems by GOES-8 satellite images**. M.S. thesis, Departament of Remote Sensing, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 78 pp.

ANDERSON, Christopher J., ARRITT, Raymond W, 1998: **Mesoscale convective complexes and persistent elongated convective systems over the United States during 1992 and 1993**. Mon. Wea. Rev., 126, 578–599.

ARAGÃO, José Oribe Rocha de. **Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil**. (INPE-789-TPT/017). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1975

BERLATO, Moacir A.; FONTANA, Denise Cibys. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.110p.

BRAGA, Célia Campos, et al. **Padrões de Variabilidades Espaciais e Temporais de NDVI na Região Nordeste do Brasil usando análise fatorial**. Uniform Repository for Library. p.709-717

BRAVO CABRERA, J. L., et al. **Testes de significância para a relação entre “El Niño” fenômeno e precipitação no México**. Revista Geofísica Internacional, México, vol.49, n.4, p. 245-261, 2010.

CAMPOS, Cláudia Rejane Jacondino de; SILVA, Morgana Vaz da. **Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Rio Grande do Sul em 2006**. Revista Brasileira de Geofísica vol.28 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2010.

CEPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Princípios de meteorologia e meio ambiente: glossário**. Disponível em: <<http://www.ceptec.inpe.br/glossario.shtml>> Acesso em agosto 2018

CLIMANÁLISE, 2001: Boletim de Monitoramento e Análise Climática. **Centro de previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)**, Cachoeira Paulista-SP, 16 (12).

COELHO, Caio Augusto; AMBRIZZI, Tércio. **Determinação dos padrões de precipitação sobre a América do Sul em associação a TSM da Bacia do Pacífico equatorial durante períodos extremos de ENOS através da utilização de técnicas estatísticas multivariadas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2000. 1 CD-ROM.

CUNHA, Gilberto Rocca. **O fenômeno El Niño – Oscilação do Sul e suas aplicações na agricultura do sul do Brasil Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 50., n. 433, p. 3-12, set./dez. 2003

DEAN, G. A. **The three dimensional wind structure over South America and associated rainfall over Brazil**. São José dos Campos, INPE, 1971. (LAFE-164).

EAKIN, Hallie Catherine; LEMOS, Maria Carmen; NELSON, Donald Robert. **Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation**. Global Environmental Change 27:1-8. 2014.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Principais Sistemas Atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacíficos e Atlântico no clima da Região**. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, nº 1, 2005

GLANDZ, Michael H. **Currents of change: impacts of El Niño and La Niña on climate and society**. 2.ed. Cambridge: University, 2001. 252p

GRAEF, F; HAIGIS, J. **Spatial and temporal rainfall variability in the Sahel and its effects on farmers' management strategies**. Journal of Arid Environments (2001)

GRIMM, Alice Marlene; TEDESCHI, Renata Gonçalves. **Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBMET, 2004.

HASTENRATH, Stefan, 1991: **Climate Dynamics of tropics**. Kluwer, Dordrecht. 488 p

HOLBEN, Brent N. **Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data**. International Journal of Remote Sensing. V. 7, n. 11, p. 1417-1434, 1986

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018. Pesquisa Códigos dos Municípios . Rio de Janeiro: **IBGE**. **IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 1998

KANE, Rajaram Purushottam. **Prediction of droughts in North-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities**, Inter. J. Climatol. v.17,p.655-665, 1997.

Kayano, Mary T.; Moura, Antonio Divino. 1986. **O El Nino de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul**. Revista Brasileira de Geofísica, 4: 201-214.

KOUSKY, Vernon E.; GAN, Manoel Alonso. **Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic**. Tellus, v. 33, p. 538-551, Nov. 1981

MADDOX, Robert A., 1980: **Mesoscale convective complexes**. Bull. Amer.Meteor. Soc., 61, 1374– 1387.

MADDOX, Robert A., 1983: **Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes**. Mon. Wea. Rev., 111, 126–140.

MANSON, Simon J.; GODDARD, Lisa. Probabilistic precipitation anomalies associated with ENSO. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.82, n.4, p.619-638, 2001.

MARENGO, José Antonio 1992. **Interannual variability of surface climate in the Amazon basin**. International Journal of Climatology, 12: 853-863.

MARENGO, José Antonio. **Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS**. 2010. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf>>. Acesso em: 18 JUL. 2016

MENEZES, R. H. N. **Relação entre a precipitação no NEB e as anomalias de temperatura da superfície do mar dos Oceanos Atlântico e Pacífico tropicais**. 1995. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1995.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero, BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 17, n.1, p. 1-10. 2002.

MOURA, Antonio D.; SHUKLA, Jagadish. **On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model**. J. Atmos. Sci., v. 38, p. 2653 – 2675, 1981.

NOGUEIRA, Valner da Silva. **Influência das Anomalias de TSM dos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical na Dinâmica e Termodinâmica em um Ambiente de Mesoescala Experimental no Estado da Paraíba.** 2014. Tese de doutorado – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** Edgar Blucher, São Paulo, 1989.

RAMIREZ, María Cleofé Valverde. **Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no Nordeste do Brasil.** 1996. 132p. (INPE-6408-TDI/618). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1997.

SILVA, Ligia Alves. **A influência do vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) sobre a precipitação do Nordeste do Brasil (NEB) e as características associadas.** 109p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2005.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues da ; PEREIRA, Emerson Ricardo Rodrigues; ALMEIDA, Rafaela Silveira Rodrigues. **Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na Região Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.27, n.2, 163 - 172, 2012.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues da.; SOUSA, Francisco de Assis Salviano de ; CAVALCANTI, Enilson Palmeira.; SOUZA, Enio Pereira.; SILVA, Bernado Barbosa. **Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil.** Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, v.68, n.7, p.781-792, 2006.

SHIMABUKURO, Yosio Edemir. **Índice de Vegetação e Modelo Linear de Mistura Espectral no Monitoramento da região do Pantanal.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. (33): 1729-1737, 1998.

SPINOZA, Elizabeth. **Distúrbios ondulatórios de leste na região tropical.** CPTEC/INPE, 2005. 4p. Disponível em: . Acessado em 10 de junho de 2018.

TUCKER, Compton J. **Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation**. Remote Sensing of Environment, v. 8, n. 2, p. 127-150, 1979

UVO, C. R. B., 1989: **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do Nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE. São José dos Campos-SP, 88 p.

VELASCO, Ines. FRITSCH, J. Michael, 1987: **Mesoscale convective complexes in the Americas**. J. Geophys. Res., 92, 9591– 9613.

VIEIRA, Rita Marcia da Silva Pinto. et al. **Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast**. Solid Earth 6:347–360. 2015.

VIRJI, Hassan. **A preliminary study of the summer time tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds**. Monthly Weather Review, v. 109, p. 99-610; Mar. 1981.