



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CAMPUS PROFESSOR ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA
CURSO AGRONOMIA



LUANNY GABRIELE CUNHA FERREIRA

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS GLOBAIS E REGIONAIS SOBRE OS
RESERVATÓRIOS DO NORDESTE**

PARNAÍBA-PI
JANEIRO DE 2018

LUANNY GABRIELE CUNHA FERREIRA

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS GLOBAIS E REGIONAIS SOBRE OS
RESERVATÓRIOS DO NORDESTE**

Monografia apresentada à Coordenação de
Agronomia da Universidade Estadual do Piauí –
UESPI, como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Fernando Silva Araujo
Co orientador: Dr. Alexandre Kemenes

PARNAÍBA-PI
JANEIRO DE 2018

LUANNY GABRIELE CUNHA FERREIRA

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS GLOBAIS E REGIONAIS SOBRE OS
RESERVATÓRIOS DO NORDESTE**

Monografia apresentada à Coordenação de
Agronomia da Universidade Estadual do Piauí –
UESPI, como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Silva Araujo
Co orientador: Dr. Alexandre Kemenes

Data da aprovação: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Silva Araújo – UESPI
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola
Orientador

Dr. Alexandre Kemenes – EMBRAPA MEIO NORTE
Biólogo, Doutor em Ecologia Aquática

Ana Paula Silva de Almeida
Engenheira Agrônoma

Lembre-se de que sonhos sem riscos produzem conquistas sem méritos.

Augusto Cury

Dedico

*Este trabalho a minha mãe, Ana Paula por todo apoio, amor e dedicação em
minha educação e a minha vó Arlinda (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e a Nossa Senhora de Nazaré, sem os quais eu não teria fé o suficiente para acreditar e permanecer firme diante dos obstáculos.

Aos meus pais, Ana Paula Brito Cunha e Luiz Gonzaga da Silva Ferreira, pelo amor, educação e por apostarem em meus objetivos e não medir esforços para que eu pudesse conquista-los.

Ao meu coorientador Dr. Alexandre Kemenes, pela compreensão, apoio e por ter acreditado na minha capacidade para juntos realizarmos este trabalho. Por sempre me estimular a buscar conhecimento e pela ajuda nos momentos em que precisei.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, pois tenho um carinho enorme por cada um, em especial ao meu professor e orientador Dr. Fernando Araújo, por ser um exemplo de profissional no qual pretendo trilhar seus mesmos caminhos e também ao professor Dr. Artur Ferreira, pela oportunidade de ingresso na iniciação científica.

Agradeço imensamente a minha instituição de ensino, Universidade Estadual do Piauí, a qual tenho a honra de pertencer e por me sentir acolhida. A todos os meus colegas de turma, principalmente Ana Kely, Letícia Maria e Leandro, pela amizade gerada durante os cinco anos do curso, se tornaram essenciais e especiais nessa caminhada rumo a sonhada formatura.

A toda minha família, principalmente os que residem em Parnaíba, que me acolheram com todo amor, em especial aos meus avós, Célia e Otávio Cunha, que apostaram e acreditaram no meu sonho, me dando todo suporte. A minha tia mãe, Iracema e meus primos irmãos, Izabella, Luis Otávio, Pedro Otávio, Duiliane e Ana Virgínia, muito obrigada por sempre estarem presentes em todos os momentos da minha vida, eu amo vocês!

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS GLOBAIS E REGIONAIS SOBRE OS RESERVATÓRIOS DO NORDESTE

Autora: Luanny Gabriele Cunha Ferreira

Orientador: Prof. Dr. Fernando Silva Araújo

Co orientador: Dr. Alexandre Kemenes

RESUMO

Os eventos climáticos extremos, resultado das anomalias de temperatura dos oceanos, vêm se apresentando a cada ano mais intensos. Esta intensificação se deve, dentre outros fatores, ao incremento do processo de aquecimento global. Estes eventos alteram a normalidade das estações climáticas do continente americano. Quando o regime climático é alterado, influencia na quantidade de água acumulada nos reservatórios, afeta os ecossistemas e reflete em diversas atividades produtivas locais. O objetivo principal foi investigar influência dos parâmetros climáticos, globais e regionais, sobre o volume de água acumulada nos reservatórios do Nordeste. Foram avaliados 26 reservatórios, distribuídos em seis estados do Nordeste do Brasil (Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia). Os volumes de água foram obtidos pelo site do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), as anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM), no Oceano Pacífico Equatorial (El Niño 1+2, 3, 3.4 e 4) e no Oceano Atlântico Tropical [TNAI (Índice do Atlântico Norte Tropical) e TSAI (Índice do Atlântico Sul Tropical)], foram adquiridas pelo site da NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) e os dados de precipitação e evaporação pelo site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Foi utilizada o índice de correlação simples de *Pearson* para avaliar a influência das anomalias de TSM (regiões de El Niño 1+2, 3, 3.4 e 4, no Oceano Pacífico Equatorial, e TNAI e TSAI no Oceano Atlântico Tropical), evaporação média e precipitação média sobre o volume dos reservatórios. Os parâmetros regionais influenciaram mais o volume dos reservatórios do que os parâmetros globais, em primeira ordem a evaporação e em segunda oceano Atlântico, gerando seca.

Palavras-chave: Eventos climáticos extremos, reservatórios do nordeste, efeitos ambientais das mudanças de clima, parâmetros hidrológicos

INFLUENCE OF GLOBAL AND REGIONAL PARAMETERS ON NORTHEAST RESERVOIRS

Author: Luanny Gabriele Cunha Ferreira

Advisor: Prof. Dr. Fernando Silva Araújo

Advisor Co: Dr. Alexandre Kemenes

ABSTRACT

Extreme weather events, the result of ocean temperature anomalies, are becoming more intense each year. This intensification is developed, among other factors, to the increase of the global warming process. These events alter the normality of the seasons of the American continent. When the climate regime is changed, influenced by the amount of water accumulated in the reservoirs, it affects the ecosystems and reflects in various local activities. The main objective was to investigate the influence of climatic parameters, global and regional, on the volume of water accumulated in the reservoirs of the Northeast. There were 26 reservoirs distributed in six states of Northeast Brazil (Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte and Bahia). The volumes of water were obtained by the DNOCS site, such as sea surface temperature (SST), non equatorial Pacific Ocean (El Niño 1 + 2, 3, 3.4 and 4) and Non Tropical Atlantic Ocean (TNAI). (National Oceanic and Atmospheric Administration) and precipitation and evaporation data from the INMET website (National Institute of Tropical North Atlantic). Pearson's simple correlation index was used to evaluate SST anomalies (El Niño 1 + 2, 3, 3.4, and 4 regions in the Equatorial Pacific Ocean and TNAI and TSAI in the Tropical Atlantic Ocean), mean evaporation and average rainfall over the volume of the reservoirs. The regional controls, the better volume of the reservoirs than the global ones, in the first order of evaporation and the Atlantic Ocean, generating drought.

Key words: Extreme climatic events, northeastern reservoirs, environmental effects of climate changes, hydrological parameters

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Associação entre os reservatórios e as estações meteorológicas de acordo com a proximidade local existente e suas condições climáticas.	21
Tabela 2. Descrição das estações meteorológicas estudadas no Nordeste.	22
Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre os valores médios mensais das anomalias de TSM (TNAI, TSAI, Niño 3, Niño 4 e Niño 3.4) e as médias mensais do volume dos reservatórios (Res.) em estudo, entre os anos de 1998 e 2015. Foram estimados os volumes máximos e mínimos desses reservatórios. Os reservatórios (Res.) foram numerados conforme a Figura 1.	25
Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre os valores médios mensais do volume dos reservatórios e as médias mensais de precipitação e evaporação, entre os anos de 1998 e 2015. Os reservatórios foram numerados conforme a Figura 2.	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistematização do esvaziamento dos reservatórios (COSTA e CAMPOS, 2012)...	18
Figura 2. Localização geográfica dos 26 reservatórios em estudo na região Nordeste do Brasil.	20
Figura 3. Localização geográfica das 21 estações meteorológicas em estudo na região Nordeste do Brasil.....	20
Figura 4. Localização geográfica das anomalias de temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico, El Niño (1.2, 3, 3.4, 4), TNAI e TSAI(Adaptada de NOAA, 2005; Menezes et al., 2008).	22
Figura 5. Série histórica volumétrica para os 26 reservatórios estudados no interior do Nordeste do Brasil entre o período de 1998 e 2015.....	27
Figura 6. Influência das anomalias de temperatura do Atlântico Norte (TNAI) sobre os reservatórios.....	28
Figura 7. Influência das anomalias de temperatura do Atlântico Sul (TSAI) sobre os reservatórios.....	29
Figura 8. Influência das anomalias de temperatura do Pacífico (Niño 4) sobre os reservatórios.	30
Figura 9. Influência das anomalias de temperatura do Pacífico (Nino 3.4, 4, 3) sobre o reservatório Pentecoste.	31
Figura 10. Influência da precipitação sobre o volume dos reservatórios.	34
Figura 11. Influência da evaporação sobre o volume dos reservatórios.	36
Figura 12. Influência da evaporação sobre o volume dos reservatórios.	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1.Objetivo Geral	14
2.2.Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1.El Niño e La Niña.....	15
3.2.Dipolo do Atlântico (TNAI e TSAI)	16
3.3.Precipitação Média	17
3.4.Evaporação Média	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1.Local de estudo.....	19
4.2.Obtenção dos Dados	23
4.3.Relação Estatística.....	23
5. RESULTADOS	24
5.1.Análise geral dos parâmetros globais	24
5.2.Análise dos parâmetros regionais	32
6. CONCLUSÕES	40
7. REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vêm aumentando a frequência de secas e enchentes, em todo mundo, demonstrando que o planeta está passando por um período de intensas mudanças climáticas (MARENGO, 2014; SILVA et al., 2017). Diversos estudos vêm sendo realizados buscando explicar estes acontecimentos. Entretanto, ainda existem poucos estudos realizados na região Nordeste do Brasil. Nesse ambiente as pessoas sobrevivem num clima semiárido, necessitando de auxílio para melhorar suas condições de vida (ARTAXO, 2016; FERRER, 2007). A confirmação que os eventos climáticos extremos podem estar repercutindo sobre estes ecossistemas e sobre a vida dessas pessoas pode auxiliar a trazer recursos tão necessários para melhorar a qualidade de vida, e compreender melhor de que forma esses fenômenos afetam o desenvolvimento humano dessa região (MARENGO et al., 2016).

Para se adaptar e ter acesso à produtividade agrícola, o homem vem criando mecanismos permitindo o desenvolvimento da região Nordeste. A construção dos reservatórios vem sendo realizada pelo homem, desde tempos remotos, através do barramento de rios, com a principal função do abastecimento de água (ANDRADE; MARQUES, 2017). Já é bem conhecido que eventos climáticos afetam o abastecimento de água. Pesquisadores atribuem a intensidade destes eventos a variação interanual do aquecimento das águas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico. Avaliam também como os primeiros indícios das mudanças globais oriundas da intensificação do processo de aquecimento global (SANTOS; MANZI, 2011), que traz a perspectiva da ocorrência mais frequente destes eventos, exigindo a investigação científica, na busca de medidas de mitigação.

Nestes últimos anos, a pluviosidade tem se mostrado menos previsível e a magnitude necessária para manter cheios os reservatórios e atender a demanda, energética e alimentar, da sociedade, não vem sendo devidamente atendida (KEMENES et al., 2015; SILVA et al., 2017). Com isso, a área alagada dos reservatórios do Nordeste chegou, em 2015, a níveis alarmantes, principalmente no estado do Ceará, que apresentou sua maior seca desde 1910 (INMET, 2016). Esta grande variabilidade climática, do Nordeste brasileiro, pode estar sendo influenciada por anomalias positivas e negativas da Temperatura da Superfície do Mar (FERREIRA; KEMENES, 2017a; SALGUEIRO et al., 2016; SILVA et al., 2011). Este trabalho tem como objetivo principal melhorar a atual compreensão da influência dos fenômenos climáticos extremos sobre a disponibilidade de água de reservatórios na região do interior nordestino.

O Nordeste Brasileiro enfrenta o fenômeno da seca, com a escassez de água há muitos anos, esse impacto ambiental vem trazendo prejuízos para nossa sociedade, milhares de municípios do interior nordestino já foram afetados pelo êxodo rural e pelo atraso no desenvolvimento agrário (MARENGO et al., 2016). Existem alguns mecanismos hidráulicos utilizados para solucionar este problema, dentre estes a construção de reservatórios que ameniza o problema da seca, aumentando a segurança hídrica e alimentar (COSTA, 2009; MARENGO et al., 2016), sendo construído por um barramento que recebe o escoamento hídrico proveniente de um rio a montante (LAURENTIS et al., 2008).

Segundo Kemenes et al. (2012, 2015) e Lucena et al. (2011), os eventos climáticos extremos, caracterizados pelas anormalidades da Temperatura da Superfície do Mar, influenciam diretamente no regime pluviométrico local. Os reservatórios recebem água proveniente da precipitação de regiões adjacentes, algumas vezes mais de uma bacia hidrográfica, auxiliando a fornecer uma avaliação regional, mais ampla, dos impactos gerados pelas anomalias da temperatura da superfície do mar (KEMENES et al., 2015; VALE et al., 2016). A variabilidade climática da região é diretamente ligada às anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), tais como: El Niño, La Niña, Temperatura do Atlântico Norte (ATN) e Temperatura do Atlântico Sul (ATS), além da circulação atmosférica regional e outros fenômenos de escala sinótica (KAYANO; ANDREOLI, 2004; SANTOS; BRITO, 2007). Estes eventos influenciam diretamente o regime pluviométrico e o volume de água acumulada nos reservatórios, afetando os ecossistemas naturais, a distribuição de água e diversas práticas produtivas (ALVES et al., 2008; NOBREGA; SANTIAGO, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Investigar a influência dos parâmetros globais, anomalias de temperatura do oceano, e dos parâmetros regionais (evaporação e precipitação) sobre o volume de água do Nordeste.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a variação sazonal e histórica de parâmetros globais e regionais para os 26 reservatórios do Nordeste em estudo;
- Avaliar a influência das anomalias de temperatura superficial da água dos eventos climáticos extremos sobre o volume dos reservatórios;
- Avaliar a influência dos parâmetros regionais sobre o volume dos reservatórios.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. EL NIÑO E LA NIÑA

Segundo Borsato (2011), em anos normais, a convergência dos movimentos ascendentes e descendentes da temperatura do ar nas regiões equatoriais do Oceano Pacífico e Atlântico, originam os ventos alísios, que se deslocam horizontalmente, no sentido leste-oeste. Este movimento provoca a ressurgência de águas frias no Pacífico Tropical Oriental além de um desequilíbrio da pressão atmosférica, ou seja, pressão mais alta no setor oriental e mais baixa no setor ocidental, denominada de “*Circulação de Walker*”. Num intervalo oscilando entre 2 a 7 anos (HANLEY, 2013), ocorre a fase negativa onde este mecanismo se inverte. Este é o fenômeno do El Niño, caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico ao longo da região equatorial (ALVES et al., 2017).

Os ventos alísios se enfraquecem e o movimento de ressurgência é inibido favorecendo, o aquecimento superficial das proximidades na costa Sul americana. A “*Circulação de Walker*”, entretanto, é bipartida, ou seja, ela muda a sua configuração espacialmente, promovendo a escassez de chuvas na Amazônia e no Nordeste (NOBREGA et al., 2014). Segundo Oliveira (2001), o ENOS (*El Niño Southern Oscillation*) resulta da interação entre oceano e atmosfera, que provoca variabilidade nos padrões climáticos, com fortes mudanças no tempo em diversas regiões no mundo. O fenômeno do El Niño, promove o excesso de precipitação no Sul do Brasil durante a sua fase quente, enquanto que gera seca no Nordeste (NETO et al., 2007; SOPPA et al., 2011).

A classificação no El Niño, pode ser dividida de acordo com a sua intensidade e localização. De acordo com Aragão (2002), o fenômeno é classificado em sua intensidade como fraco, moderado e forte, variando de acordo com o grau de aquecimento, duração e tamanho da área da superfície do mar. As regiões de Niño são distribuídas de acordo com a distância em relação à costa oeste da América do Sul, denominados de Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, localizados entre paralelos 5° N e 5° S e meridianos 80° O e 160° L (SILVA; SILVA, 2015). Niño 1+2 (0-10°S; 90°W-80°W), Niño 3 (5°N-5°S; 150°W-90°W), Niño 3.4 (5°N-5°S; 170°W-120°W) e Niño 4 (5°N-5°S; 160°E-150°W).

A La Niña, é caracterizada por ser o oposto, realizando o resfriamento das águas do Oceano Pacífico equatorial, aproximando-a ao fenômeno da ressurgência. Dessa forma, a precipitação em regiões como o Nordeste e Amazônia são intensas (MINUZZI, 2007). De acordo com Marengo et al. (2013), a caracterização da La Niña nem sempre segue este padrão

de pluviosidade, como no ano de 2012, em que o Nordeste Brasileiro iniciou a maior seca das últimas décadas, e a Amazônia Leste alcançou um recorde em inundações. Assim, os comportamentos opostos (La Nina e El Niño), tornam-se cada vez mais difíceis de se prever necessitando de mais pesquisas para avaliar seu funcionamento (BORSATO, 2011).

Segundo os dados do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE, 2017), no intervalo dos anos de 2002 a 2007 e 2009 a 2010, foram registrados eventos de El Niño, mas que não influenciaram no regime hídrico no Nordeste, ou seja, não gerou seca. Este fato ocorreu, pois as anomalias do Atlântico atuaram favoravelmente para a ocorrência de chuvas na região, ou seja, dependendo da intensidade do El Niño, a ZCIT pode agravar, minimizar ou até mesmo sanar que seus efeitos no que se refere as taxas de precipitação pluviométrica (KAYANO; ANDREOLI, 2007).

Desta maneira, a ausência de chuva na região Nordestina, também é influenciada por outros fenômenos de escala sinótica, a exemplo do deslocamento para o norte da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), originada no aumento de temperatura do Oceano Atlântico Tropical Norte (TNAI) (MARENGO et al., 2016).

3.2. DIPOLO DO ATLÂNTICO (TNAI E TSAI)

O Dipolo do Atlântico é um fenômeno resultante da interação entre a mudança anômala da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Tropical. Possui duas fases distintas, quando as águas do Atlântico Tropical Norte (TNAI) estão mais quentes e úmidas, e as do Atlântico Tropical Sul (TSAI) mais frias e secas, ocorrem movimentos descendentes da massa de ar, de menor temperatura para a região setentrional, central e sertão do Nordeste, inibindo desta maneira a formação de nuvens e diminuindo a precipitação (Dipolo Positivo), podendo causar secas no Nordeste. Por outro lado, quando as águas superficiais do Atlântico Tropical Norte encontram-se mais quentes e as do Atlântico Tropical Sul mais frias, ocorre o transporte da massa de ar, por meio de movimentos ascendentes, intensificando a formação de nuvens e as chuvas nas regiões citadas (Fase negativa do Dipolo) (NOBREGA; SANTIAGO, 2014).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), é considerada o maior sistema atmosférico indutor de chuvas no Nordeste (BEZERRA; CAVALCANTI, 2008). A temperatura positiva do Atlântico Norte, desloca a ZCIT mais para o sul, o que favorece a precipitação nas regiões nordestinas de maneira uniforme, diferenciando-se dos fenômenos El Niño e La Nina, que são caracterizados pela enorme variabilidade no regime pluviométrico de acordo com a região (LUCENA, 2011).

Os fenômenos extremos influenciam diretamente na distribuição das chuvas no Nordeste, que quando agem isoladamente influenciam na precipitação da região, já quando agem em conjunto, a exemplo do La Niña com o Dipolo Negativo, ocorre a acentuação dos fenômenos diante da modificação do comportamento da circulação geral da atmosfera (NOBREGA; SANTIAGO, 2014). O regime pluviométrico local é associado pela interação de mecanismos atmosféricos, que regulam a intensidade e frequência de forma conjunta ou individual (ALVES et al., 2006).

3.3.PRECIPITAÇÃO MÉDIA

Segundo Kayano et al. (2009), a pluviosidade da região Nordeste varia de 300 a 2000 mm por ano, caracterizando a presença de 3 tipos de clima: o Litorâneo Úmido, Tropical e o Tropical semiárido. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), apresenta precipitação máxima no mês de março no centro da região Norte (LIMA, 2009).

Há grande divergência entre pesquisadores diante da previsão pluviométrica na região Nordeste. Mas Haylock et al. (2006), analisaram uma série de 40 anos e confirmaram a tendência no aumento do regime de chuvas anual. Santos et al. (2006), utilizaram da mesma metodologia implantada por Haylock et al. (2006), e reafirmaram a intensificação pluviométrica principalmente no Rio Grande do Norte e Paraíba. Mais tarde, Nobrega et al. (2016), confirmaram também o aumento da precipitação em todas as regiões do Nordeste com exceção ao seu litoral Leste. Em contradição, outros pesquisadores afirmam que a seca continuará a fazer parte do cenário nordestino, com fortes tendências negativas à intensificação das chuvas (MARENGO et al., 2016).

Uma das características do semiárido brasileiro é o déficit hídrico, mas isso não significa falta de água, pelo contrário, é o semiárido, mais chuvoso do planeta, onde a média pluviométrica varia de 200 a 800mm anuais, porém apresentam uma elevada variabilidade espacial e sazonal, além de que a precipitação é três vezes menor que o índice de evaporação (FILHO et al., 2012). Diante disso, percebe-se a necessidade de estudos buscando minimizar as perdas por evaporação, evapotranspiração e parâmetros críticos para o balanço hídrico (FONTES et al., 2005).

3.4.EVAPORAÇÃO MÉDIA

A evaporação é a transferência de água para atmosfera diante da transformação do calor sensível para o calor latente (LENTERS et al., 2005). É influenciada diretamente pela

temperatura, umidade do ar, velocidade do vento e radiação solar (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). Segundo Fontes et al. (2005), as taxas de evaporação representam perda hídrica considerável no volume dos reservatórios, tornando-se necessário técnicas de construção e regras de operação, objetivando o manejo eficiente e conservação da água. A redução dos efeitos de evaporação na quantidade e qualidade da água disponível em reservatórios é de fundamental importância para a manutenção da demanda hídrica, entretanto, a complexidade do fenômeno estar diretamente influenciado pela disponibilidade hídrica local, nas características da superfície do corpo d'água além da influência na geometria dos reservatórios em profundidade, área inundada e da composição da água armazenada (COSTA et al., 2010). Tornando-se de grande importância a avaliação deste parâmetro regional para avaliar a quantidade de água que se perde ou se ganha no cenário das mudanças climáticas decorrente nos últimos anos (CURTARELLI et al., 2013; PEREIRA et al., 2009). A perda de volume de um reservatório, ainda pode ser influenciado pela retirada tanto pela tomada d'água como pelo montante retirado diretamente da bacia (COSTA; CAMPOS, 2012) (Fig.1).

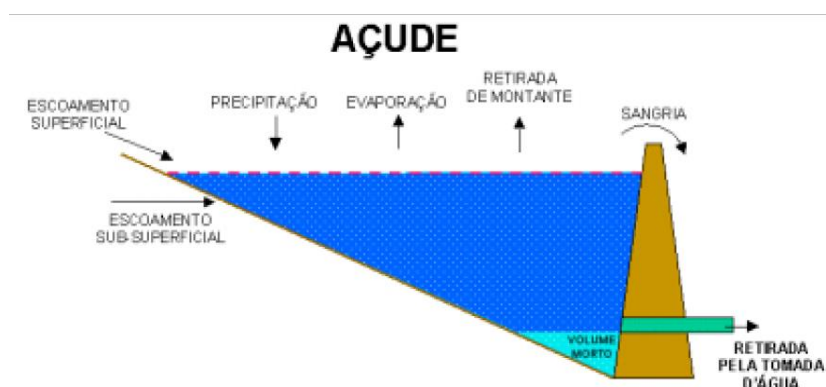


Figura 1. Sistematização do esvaziamento dos reservatórios (COSTA e CAMPOS, 2012).

No estudo realizado por Campos (2002), foi avaliada a taxa de evaporação de 40 reservatórios no Ceará, os grandes reservatórios apresentam uma evaporação média de 7% do volume médio afluente anual, enquanto que os pequenos, apresentaram 18%, em média. Concluindo que os açudes menores possuem menor eficiência em relação aos de grande porte.

Existem casos, em que a falta de planejamento na construção de reservatórios compromete a disponibilidade hídrica da região. Como foi o caso dos reservatórios Apertado, França e São José do Jacuípe, localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu na Bahia, onde a vazão evaporada superou a vazão regularizada, mesmo com a presença do volume limite que foi aumentado (FONTES et al., 2005). Outro caso foi o de Itumbiara localizada no estado de Goiás, onde o volume total de água evaporada no reservatório de Itumbiara durante

o ano de 2010 foi estimado em cerca de 1,7 bilhões de m³ (2.300 mm), o que representou 10% do volume total do reservatório (CURTARELLI et al., 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCAL DE ESTUDO

Foram avaliados 26 reservatórios pertencentes à seis estados do interior da região Nordeste do Brasil (Ceará, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia) (Fig. 2). A seleção desses reservatórios foi baseada na disponibilidade de informações e sua distribuição espacial, buscando avaliar a influência dos parâmetros globais (El Niño, TSAI, TNAI) com os regionais (Precipitação e Evaporação) nessa região. As 21 estações meteorológicas, foram espacialmente distribuídas englobando todas as mesorregiões presentes nos seis estados estudados (Fig. 3), associado a homogeneidade das condições climáticas e da proximidade local presentes entre os reservatórios e as estações apresentadas na Tabela 1. De acordo com o site da NOAA, a localização das anomalias de temperatura no Oceano Pacífico, relacionadas com o El Niño, estão distribuídas espacialmente, Niño 1+2 (0-10°S; 90°W-80°W), Niño 3 (5°N-5°S; 150°W-90°W), Niño 3.4 (5°N-5°S; 170°W-120°W) e Niño 4 (5°N-5°S; 160°E-150°W) (Fig. 4). As localizações das estações são apresentadas na Tabela 2.

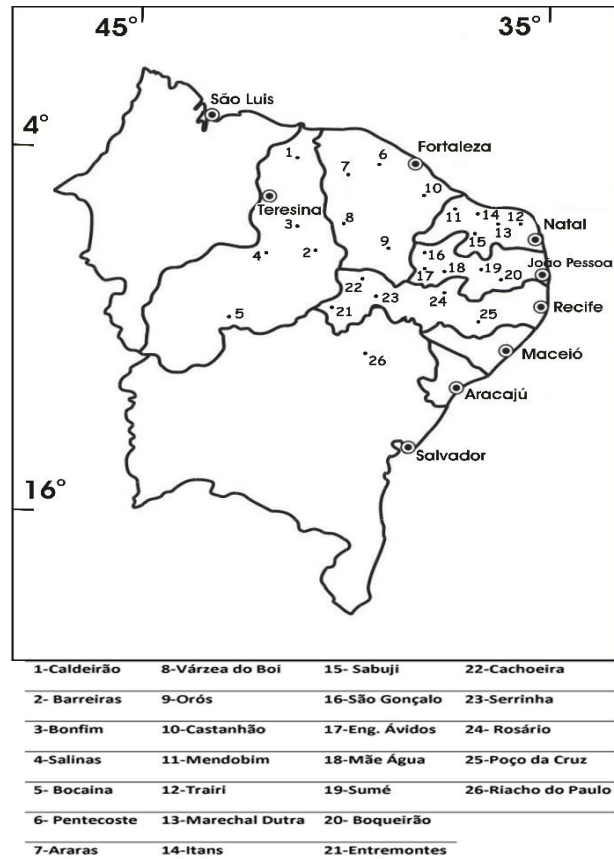


Figura 2. Localização geográfica dos 26 reservatórios em estudo na região Nordeste do Brasil.



Figura 3. Localização geográfica das 21 estações meteorológicas em estudo na região Nordeste do Brasil.

Tabela 1. Associação entre os reservatórios e as estações meteorológicas de acordo com a proximidade local existente e suas condições climáticas.

Reservatório	Estação Meteorológica
Caldeirão (PI)	Caldeirão (PI)
Barreiras (PI)	Picos (PI)
Bonfim (PI)	Picos (PI)
Salinas (PI)	Floriano (PI)
Bocaina (PI)	Bom Jesus do Piauí (PI)
Pentecoste (CE)	Guaramiranga (CE)
Araras (CE)	Guaramiranga (CE)
Várzea Boi (CE)	Campos Sales (CE)
Orós (CE)	Barbalha (CE)
Castanhão (CE)	Jaguaruana (CE)
Mendobim (RN)	Apodi (RN)
Trairi (RN)	Natal (RN)
Marechal Dutra (RN)	Serido (RN)
Itans (RN)	Natal (RN)
Sabuji (RN)	Cruzeta (RN)
São Gonçalo (PR)	São Gonçalo (PR)
Eng. Ávidos (PR)	Patos (PR)
Mãe Água (PR)	Patos (PR)
Sumé (PR)	Campina Grande (PR)
Boqueirão	João Pessoa (PR)
Entremontes (PE)	Petrolina (PE)
Cachoeira (PE)	Petrolina (PE)
Serrinha (PE)	Cabrobó (PE)
Rosário (PE)	Arcoverde (PE)
Poço da Cruz (PE)	Recife (PE)
Riacho do Paulo (BA)	Monte Santos (PE)

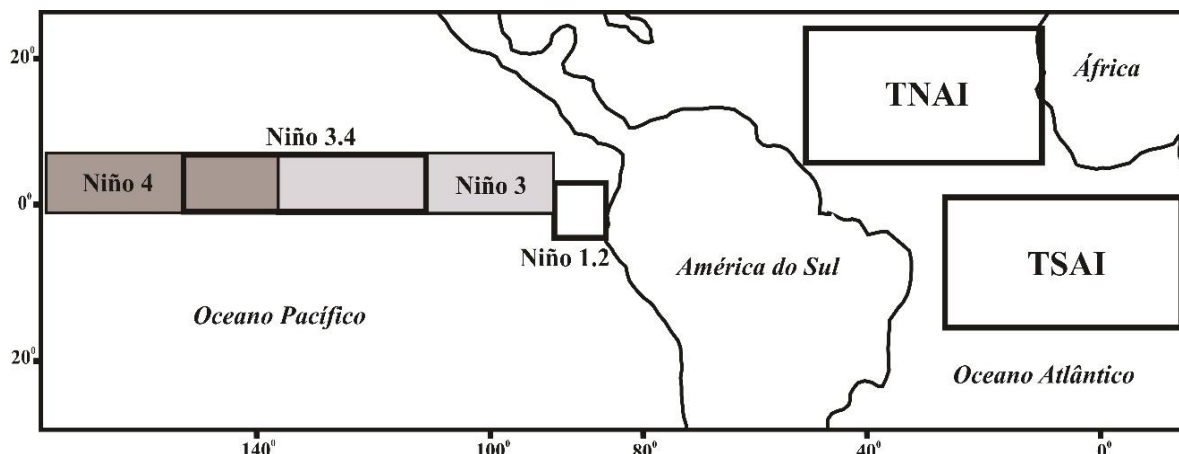


Figura 4. Localização geográfica das anomalias de temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico, El Niño (1.2, 3, 3.4, 4), TNAI e TSAI (Adaptada de NOAA, 2005; Menezes et al., 2008).

Tabela 2. Descrição das estações meteorológicas estudadas no Nordeste.

	Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Caldeirão (PI)	-4,28	-41,80	331,74
2	Picos (PI)	-7,03	-41,48	207,93
3	Floriano (PI)	-6,76	-43,01	123,27
4	Bom Jesus do Piauí (PI)	-9,10	-44,11	331,74
5	Guaramiranga (CE)	-4,28	-39,00	870,67
6	Campos Sales (CE)	-7,00	-40,38	583,50
7	Barbalha (CE)	-7,31	-39,29	409,03
8	Jaguaruana (CE)	-4,78	-37,76	11,71
9	Apodi (RN)	-5,61	-37,81	150,0
10	Natal (RN)	-5,91	-35,20	48,60
11	Serido (RN)	6,46	-37,08	169,85
12	Cruzeta (RN)	-6,43	-36,58	226,46
13	São Gonçalo (PR)	-6,75	-38,21	233,06
14	Patos (PR)	-7,01	-37,26	249,09
15	Campina Grande (PR)	-7,21	-35,88	547,56
16	João Pessoa (PR)	-7,10	-34,86	7,43
17	Petrolina (PE)	-9,36	-40,46	370,46
18	Cabrobó (PE)	-8,51	-39,33	341,46
19	Arcoverde (PE)	-8,41	-37,08	680,70
20	Recife (PE)	-8,05	-34,95	10,00
21	Monte Santo (BA)	-10,43	-39,29	464,60

4.2. OBTENÇÃO DOS DADOS

Foram obtidos dados referentes às médias mensais do volume total dos 26 reservatórios, de 1998 a 2015, através do site do DNOCS (www.dnocs.gov.br). As médias mensais das anomalias de TSM, das regiões de El Niño (1+2, 3, 3.4 e 4) no Oceano Pacífico Equatorial, e das regiões TNAI (Atlântico Norte) e TSAI (Atlântico Sul) no Oceano Atlântico Tropical, foram obtidas através do site da NOAA (www.noaa.gov). Os valores médios mensais de precipitação e evaporação foram adquiridas no site do INMET (www.inmet.gov.br), através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), entretanto, eles se revelaram insuficientes e falhos em sua grande maioria sendo necessária uma complementação destes, com dados da FUNCEME- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (<http://www.funceme.br>), AESA- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>), APAC- Agência Pernambucana de Águas e Clima (<http://www.apac.pe.gov.br/>) e EMPARN- Empresa de Pesquisa e Agropecuária do Rio Grande do Norte (<http://187.61.173.26/index.php>).

4.3. RELAÇÃO ESTATÍSTICA

Os parâmetros globais e regionais foram correlacionados com o volume dos reservatórios por meio do índice de correlação de *Pearson*, buscando quantificar a relação entre estes fenômenos sobre a disponibilidade hídrica dos reservatórios. O coeficiente de *Pearson*, ρ , assume valores entre -1 e +1; $\rho = 1$ e significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis e $\rho = -1$ significa uma correlação negativa perfeita, ou seja, se uma aumenta, a outra diminui. Se $\rho = 0$ ou muito pequeno, significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra (SNEATH; SOKAL, 1973) sendo calculado com a seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

Onde: x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis.

Além disso:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad ; \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

Sendo \bar{x} e \bar{y} médias aritméticas. Onde $\rho > 0,5$ ou $\rho < - 0,5$ indica uma forte correlação; para $- 0,5 < \rho < - 0,3$ ou $0,5 > \rho > 0,3$ a correlação é moderada; e $\rho < 0,3$ e $\rho > - 0,3$ a correlação é fraca ou nula (SNEATH; SOKAL, 1973). Buscando avaliar se as correlações são estatisticamente significativas ao nível de 5% ($p < 0.05$) foi realizado o teste-t (SNEATH; SOKAL, 1973). Foram realizadas análises de regressão simples buscando determinar os modelos matemáticos das correlações significativas. Os reservatórios foram analisados através de análise de agrupamento, buscando investigar suas proximidades estatísticas. (SNEATH; SOKAL, 1973). As análises estatísticas acima mencionadas foram realizadas com o auxílio dos programas Excel e Statistica 6.0.

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISE GERAL DOS PARÂMETROS GLOBAIS

Foram realizadas as análises estatísticas correlacionando as médias mensais das anomalias de TSM, através da correlação simples de *Pearson* para as regiões de Niño 1+2, 3, 3.4 e 4 no Oceano Pacífico Equatorial e para as regiões TNAI e TSAI no Oceano Atlântico (parâmetros globais), com o volume mensal dos reservatórios do Nordeste para todo período em estudo, sendo obtidas 16 correlações significativas (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre os valores médios mensais das anomalias de TSM (TNAI, TSAI, Niño 3, Niño 4 e Niño 3.4) e as médias mensais do volume dos reservatórios (Res.) em estudo, entre os anos de 1998 e 2015. Foram estimados os volumes máximos e mínimos desses reservatórios. Os reservatórios (Res.) foram numerados conforme a Figura 1.

Res.	Volume mínimo (m ³)	Volume máximo (m ³)	Coeficiente de Pearson					
			El Niño (°C)				Temperatura Atlântico (°C)	
			1+2	3	4	3.4	TNAI	TSAI
1	25,6	54,4	0,03	0,07	0,01	0,03	-0,14	0,19
2	3,25	39,3	-0,03	0,09	0,16	0,14	0,36*	0,00
3	0,33	3,86	0,12	0,02	-0,22	-0,10	0,13	0,18
4	15,1	386	0,16	0,14	0,21	0,19	0,28	0,15
5	16,6	95,6	0,04	0,14	0,13	0,18	0,24	0,17
6	32,7	395	0,18	0,38*	0,49*	0,44*	0,19	0,17
7	81,6	548	-0,06	0,00	0,07	0,04	-0,02	0,05
8	0,75	51,8	-0,01	0,13	0,22	0,18	0,54*	-0,11
9	857	1413	0,05	0,03	-0,08	0,00	0,33*	0,07
10	235	6330	-0,12	-0,19	-0,38*	-0,26	0,28	0,06
11	944	76,3	0,02	0,14	0,09	0,14	0,28	-0,04
12	2,34	35,2	-0,03	0,02	-0,11	-0,01	0,08	0,08
13	0,83	44,6	0,10	0,12	-0,03	0,07	0,24	0,09
14	6,21	81,4	0,12	0,16	0,02	0,11	0,28	0,12
15	1,12	65,3	0,11	0,20	0,16	0,20	0,24	0,09
16	4,25	44,6	-0,14	-0,12	-0,16	-0,12	0,10	0,14
17	43,8	216	0,11	0,27	0,24	0,27	0,26	0,08
18	314	1360	0,06	0,24	0,32*	0,25	0,30*	0,00
19	0,27	44,8	0,11	0,09	-0,02	0,05	0,40*	0,16
20	75,6	433	-0,05	0,03	0,05	0,07	0,41*	0,00
21	13,4	229	0,03	-0,01	-0,08	-0,04	-0,02	0,37*
22	1,26	21,5	0,28	0,16	-0,02	0,07	0,00	0,34*
23	42,2	402	0,01	-0,08	-0,26	-0,13	0,14	0,25

Continua...

Continuação.

24	1,39	35,1	0,17	0,01	-0,29	-0,10	0,11	0,38*
25	15	510	0,07	0,19	0,19	0,22	0,42*	0,14
26	1,18	24,7	-0,14	-0,04	0,05	0,00	-0,07	-0,37*

* **Valores em negrito são significativos ($p < 0.05$) com teste t de Student.**

Para os resultados obtidos em relação a todo período do estudo, o valor que apresentou a melhor correlação estatística foi o TNAI sobre o volume de água acumulada no reservatório Várzea do Boi, indicando que o aumento de temperatura do Atlântico Norte influenciou positivamente para esse reservatório. A análise histórica volumétrica detalhada dos reservatórios pode ser observada através da Figura 5. O volume dos reservatórios de Orós, Boqueirão, Barreiras, Várzea Boi, Sumé, Mãe Água e Poço da Cruz foram correlacionados, positivamente, de forma significativa, às anomalias de TNAI (Fig. 6). Santos e Brito (2007) analisaram os índices extremos climáticos em relação às anomalias da temperatura do mar, (TSM) da Paraíba, de 1935 a 2000, identificaram um aumento significativo da precipitação influenciada pelo TNAI, o que corrobora os resultados obtidos neste estudo, principalmente quanto ao volume de água acumulada nos reservatórios Boqueirão, Sumé e Mãe Água.

As anomalias de temperatura da superfície do oceano Atlântico incrementaram a precipitação do litoral leste do Nordeste do Brasil, sendo que essa influência foi mais significativa que a do oceano Pacífico (ANDREOLI; KAYANO, 2007; MOURA et al., 2009), isso também foi de acordo aos resultados obtidos neste estudo, ou seja, avaliando as anomalias de temperatura da superfície do mar. Foram encontradas mais correlações significativas entre os reservatórios estudados e as anomalias de temperatura da superfície do oceano Atlântico para o período entre 1998 e 2015.

Para todo período em estudo, os índices de TSAI influenciaram diretamente, de forma significativa, no volume de água acumulada nos reservatórios de Entremontes, Rosário e Cachoeira II e inversamente, de forma significativa, no Riacho do Paulo (Fig. 7). O aumento do volume de água nos reservatórios de Pernambuco, condizem aos estudos realizados por Silva et al. (2011), estes analisaram os parâmetros dentro de uma escala anual de 1963 a 1992, confirmando que os aumentos de temperatura superficiais do oceano Atlântico Sul influenciam significativamente o regime de chuvas da costa leste pernambucana. Posteriormente, Nobrega e Santiago (2014) e Nobrega et al. (2016), determinaram que o aumento da precipitação de quatro municípios de Pernambuco, respectivamente Recife, Serra Talhada, Caruaru e Palmares receberam influência significativa das anomalias de temperatura da superfície dos oceanos

Atlântico e Pacífico durante o período de 1950 a 2009. Dourado et al. (2013), investigaram as áreas homogêneas de precipitação na Bahia e encontraram maior índice pluviométrico no Semiárido Baiano, onde está localizado Riacho do Paulo, sendo assim, o efeito do Atlântico foi inibido diante na forte influência dos Sistemas Frontais (CAVALCANTI et al., 2016).

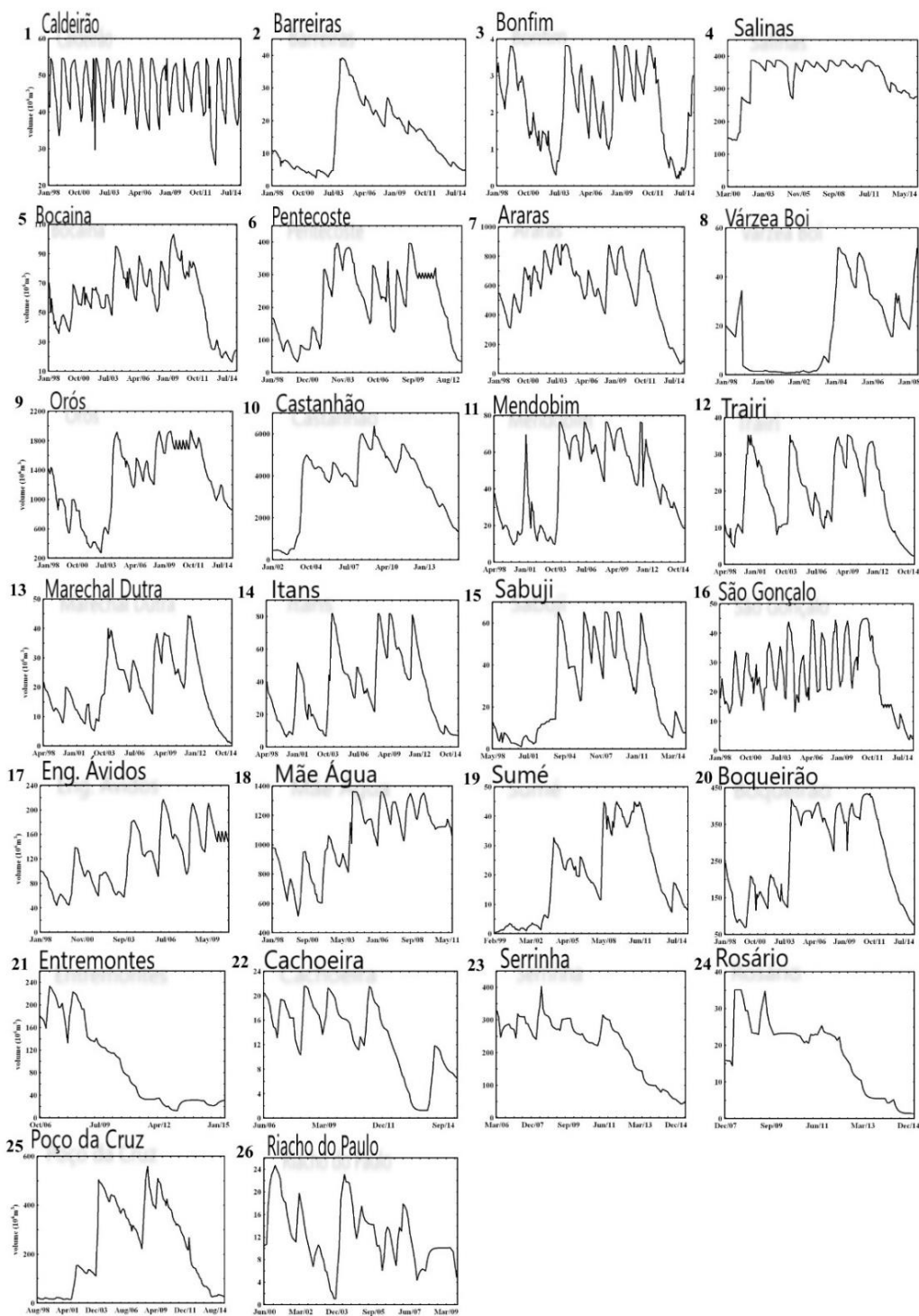


Figura 5.Série histórica volumétrica para os 26 reservatórios estudados no interior do Nordeste do Brasil entre o período de 1998 e 2015.

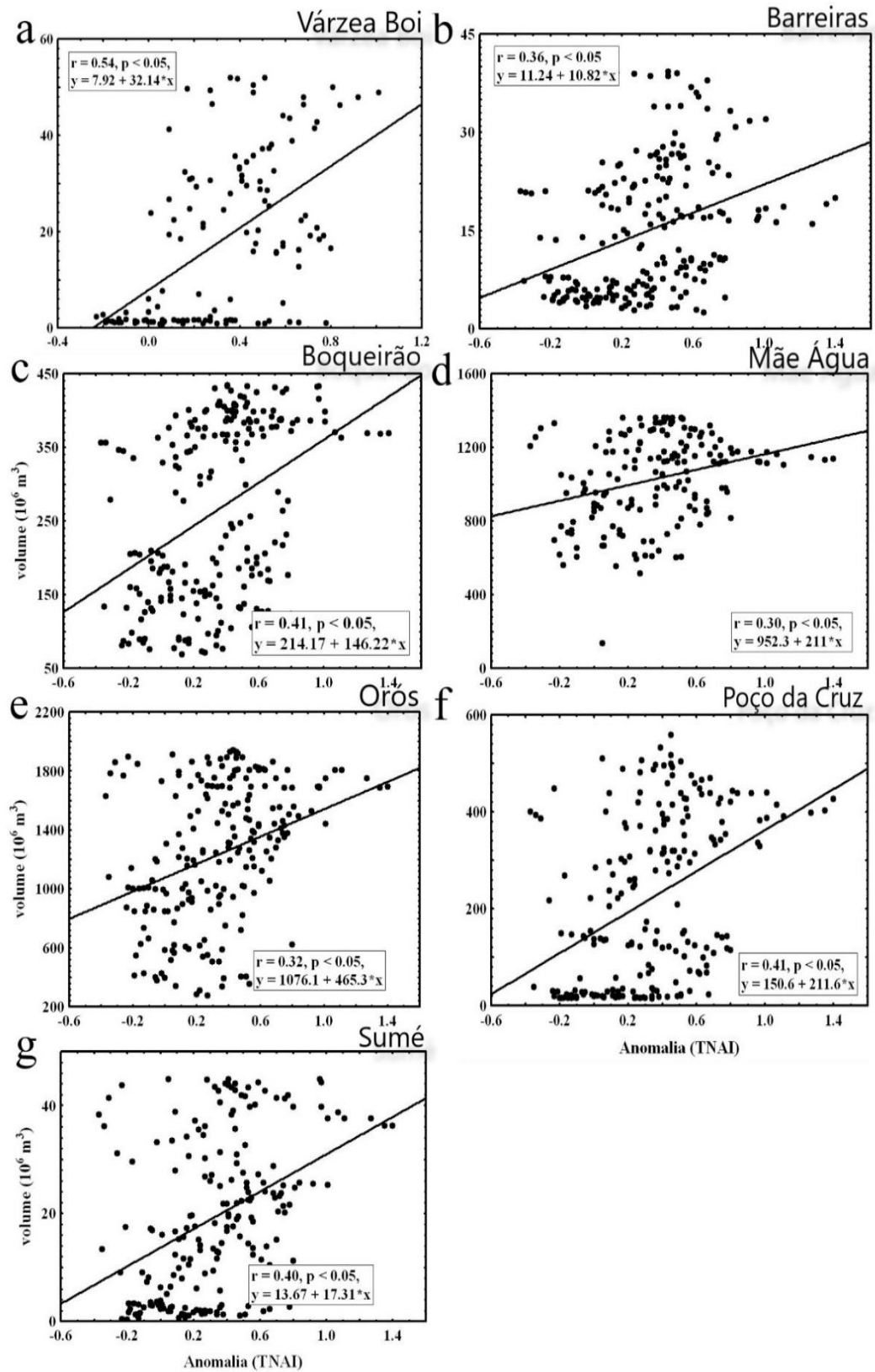


Figura 6. Influência das anomalias de temperatura do Atlântico Norte (TNAI) sobre os reservatórios.

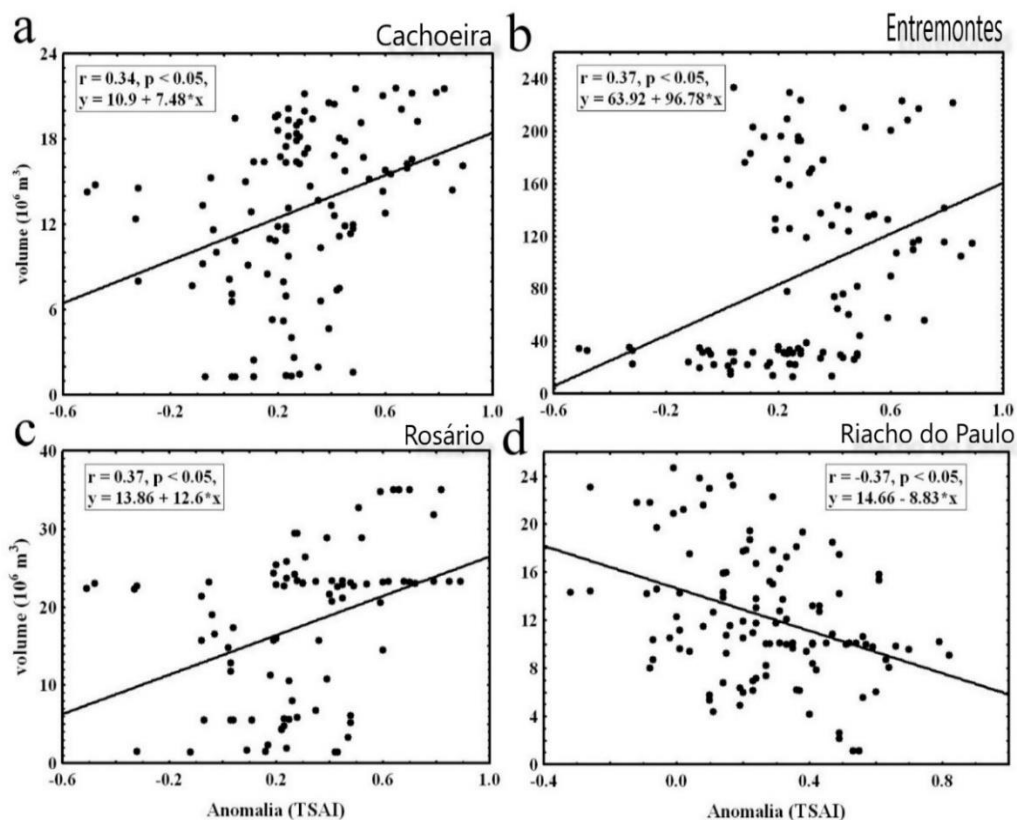


Figura 7. Influência das anomalias de temperatura do Atlântico Sul (TSAI) sobre os reservatórios.

Para todo o período, os índices do Niño 4, determinaram influências diretas e significativas em Pentecoste e Mãe Água e indiretas junto ao Castanhão (Fig. 8). Silva e Silva (2015), avaliaram a influência da temperatura da superfície do oceano Pacífico em diversas localidades, para o Niño 4, em relação a precipitação na América do Sul, foi encontrado um déficit hídrico para o Nordeste Brasileiro, como no reservatório Castanhão. Já Santos et al. (2009), estudaram as microrregiões do Ceará e encontraram na estação de Viçosa, um aumento dos dias consecutivos úmidos e de precipitação nos dias úmidos, numa escala temporal de 1935 a 2006, corroborando com os resultados encontrados, o aumento do volume no reservatório de Pentecoste. Este reservatório foi influenciado positivamente por três regiões, Niño, 3, 3.4 e 4 (Fig. 9). Os volumes dos reservatórios localizados no Rio Grande do Norte apresentaram fracas correlações significativas às anomalias de TSM. Nenhum dos reservatórios estudados mostrou correlações significativas com a região do Niño 1+2, apresentando grande variabilidade para as anomalias de TSM (TRENBERTH, 2016), mascarando os impactos gerados diante da distribuição pluviométrica na região Nordeste. Corroborando Silva et al. (2011), que avaliou a temperatura de TSM, utilizando a Análise de Componentes Principais e Agrupamento, onde encontrou as menores temperaturas para o Niño 1+2.

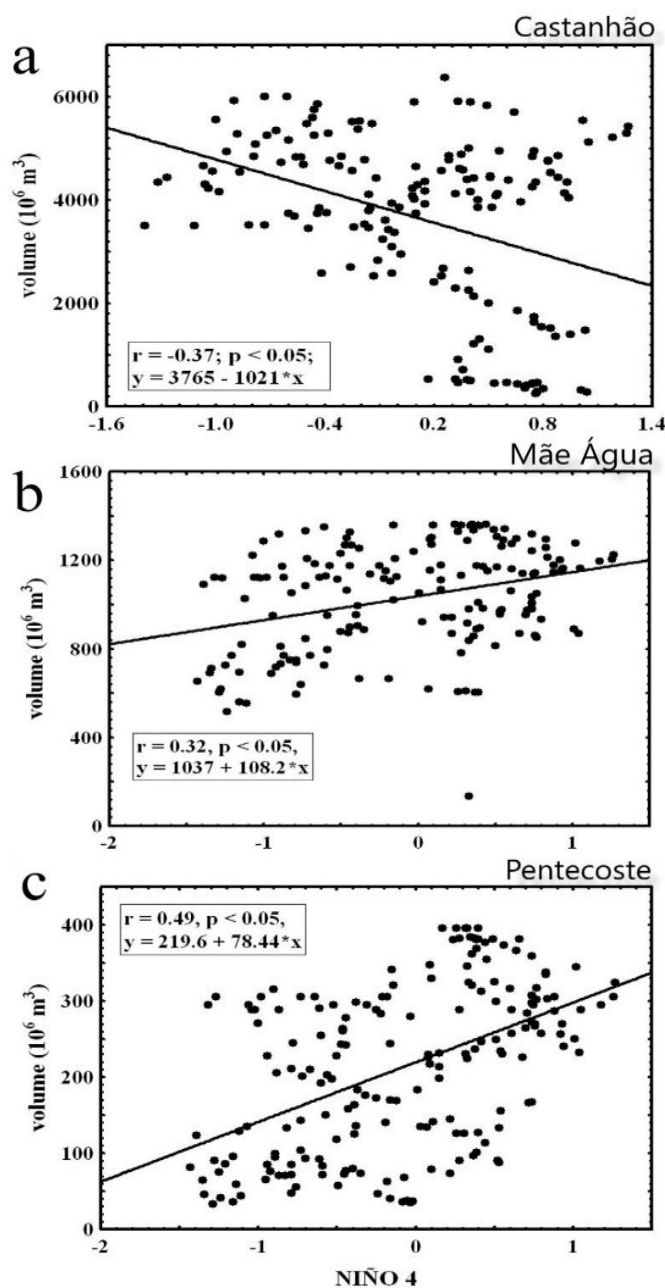


Figura 8. Influência das anomalias de temperatura do Pacífico (Niño 4) sobre os reservatórios.

A relação inversa entre as alterações de temperatura dos oceanos Pacífico e Atlântico e o volume de água acumulada nos reservatórios Castanhão e Riacho do Paulo, mostra que o aumento da temperatura do Atlântico Sul (TSAI) e do Pacífico Sul (Niño 4) resultam na diminuição da precipitação na região em estudo (MORAES et al., 2007; SANTOS; MANZI, 2011; SILVA et al., 2011). A relação negativa entre os índices de TSM e volume do reservatório pode ser considerado um resultado confiável, de acordo com as teorias atuais para os efeitos dos eventos extremos na região em estudo (KEMENES et al., 2015). Entretanto, foi encontrado

um número significativo de correlações positivas, indicando que um aumento da temperatura do Atlântico Norte e Sul e do Pacífico Sul gera um aumento no volume de água na maioria dos reservatórios estudados do interior do Nordeste.

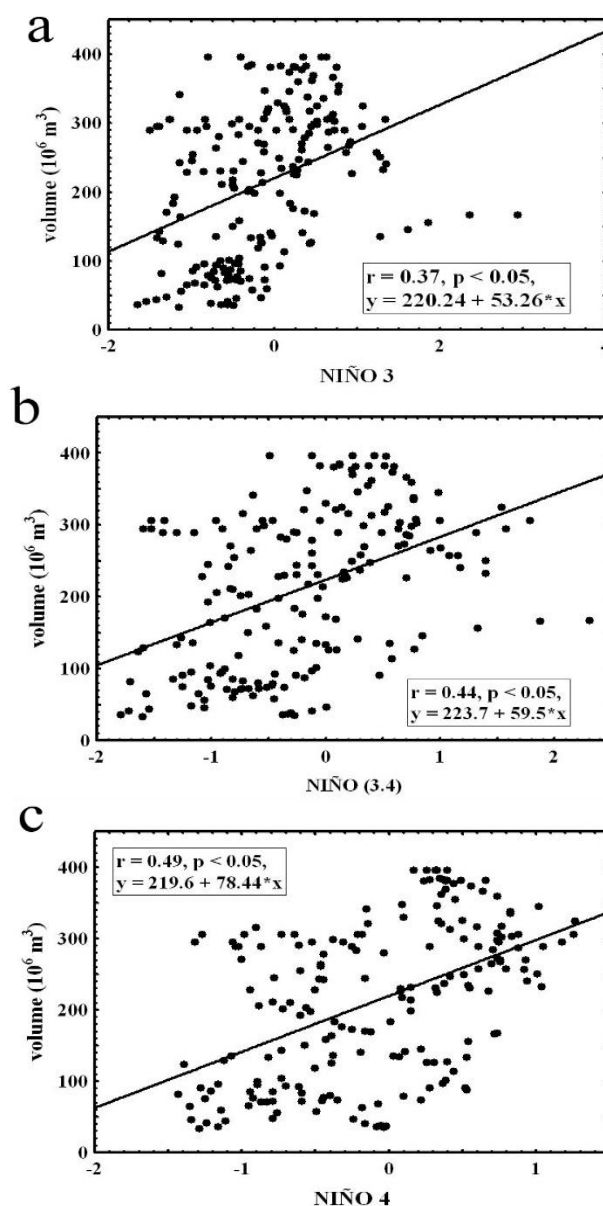


Figura 9. Influência das anomalias de temperatura do Pacífico (Nino 3.4, 4, 3) sobre o reservatório Pentecoste.

A diversidade de sistemas climáticos que favorecem as chuvas e secas no interior do Nordeste pode estar tornando a influência dos eventos climáticos extremos indiretos sobre os reservatórios estudados, mascarando os resultados encontrados e dificultando a interpretação das análises estatísticas (KEMENES et al., 2015). Segundo Moscati e Gan (2007), a ocorrência

da precipitação, no Nordeste, pode estar ligada a dois ou mais eventos climáticos, simultaneamente. Neste estudo, foram encontradas influências direta e significativas de mais de um evento extremo sobre os reservatórios Pentecoste (Niño 3.4; 4,3) e Mãe Água (El Niño 4 e TNAI). Segundo o estudo de Santos et al. (2009), o somatório de fatores globais e regionais do clima, demonstraram o maior número de correlações positivas diante dos dias consecutivos chuvosos na cidade de Canindé, onde está localizado o reservatório de Pentecoste. Já Santos e Brito (2007), analisaram microrregiões de Pernambuco, onde fica Mãe Água, encontrando dias, com índices muito úmidos, influenciados diretamente pelo El Niño 1+2, 3 e TSAI. A ação conjunta desses eventos extremos influencia de forma mais significativa do que quando analisados isoladamente (NOBREGA et al., 2014; COSTA; SILVA, 2017).

O aumento no volume de água na maioria dos reservatórios estudados no Nordeste pode ser justificado pelo aumento da intensidade e frequência dos eventos em escala sinótica que resultam no aumento da precipitação sobre a região. O principal é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), um dos sistemas mais importantes e responsáveis pela precipitação no Nordeste, quando situada mais ao sul gera um aumento no transporte de umidade para dentro do continente (REBOITA et al., 2010; MARENGO et al., 2011; BEZERRA; CAVALCANTI, 2008), em resumo, esta circulação penetra na bacia do rio Amazonas, liberando grande quantidade de calor latente no Atlântico Sul e gerando precipitação na porção Norte e parte do Nordeste do Brasil (REBOITA et al., 2016).

5.2. ANÁLISE DOS PARÂMETROS REGIONAIS

Através deste estudo, está sendo examinado se existem outras possíveis causas que auxiliem a explicar as mudanças que ocorrem no volume de reservatórios do interior do Nordeste. Estes podem estar sendo influenciados tanto pelas variações globais do clima, eventos climáticos extremos, quanto por fatores meteorológicos regionais (SANTOS et al., 2009; SOUZA; AZEVEDO, 2012). Sendo assim, foram realizadas análises estatísticas correlacionando o volume dos reservatórios aos parâmetros ambientais (precipitação e evaporação) (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre os valores médios mensais do volume dos reservatórios e as médias mensais de precipitação e evaporação, entre os anos de 1998 e 2015. Os reservatórios foram numerados conforme a Figura 2.

Reservatório	Parâmetros Regionais	
	Evaporação do Piche (mm)	Precipitação Total (mm)
1	-0,24*	0,17*
2	0,03	0,06
3	-0,15	0,18*
4	0,08	0,08
5	-0,16*	-0,06
6	-0,18*	0,15*
7	-0,16*	0,20*
8	0,02	0,06
9	-0,22*	0,00
10	0,08	0,01
11	0,07	0,13
12	-0,22*	0,19*
13	-0,11	0,09
14	-0,34*	0,17*
15	-0,16*	0,20*
16	-0,50*	0,29*
17	-0,56*	0,10
18	-0,50*	0,12
19	-0,33*	0,14*
20	-0,40*	0,12
21	-0,18	0,17
22	-0,33*	0,00
23	-0,56*	0,18
24	-0,15	0,20
25	-0,31*	0,08
26	0,03	0,06

* Valores em negrito são significativos ($p < 0.05$) com teste t de Student.

O valor que apresentou a melhor correlação estatística foi dos reservatórios de Engenheiro Ávidos e Serrinha com as estações de Patos e Cabrobó, respectivamente. Diversos reservatórios avaliados por este estudo apresentaram correlações positivas com a precipitação, evidenciando que o regime pluviométrico local influencia diretamente e de forma significativa no nível volumétrico destes ecossistemas. Outros autores encontraram resultados semelhantes, demonstrando a diversidade de fatores climáticos e ambientais atuando sobre os reservatórios do interior do Nordeste (BEZERRA; BEZERRA, 2016; DANTAS; SALES, 2015) (Fig. 10).

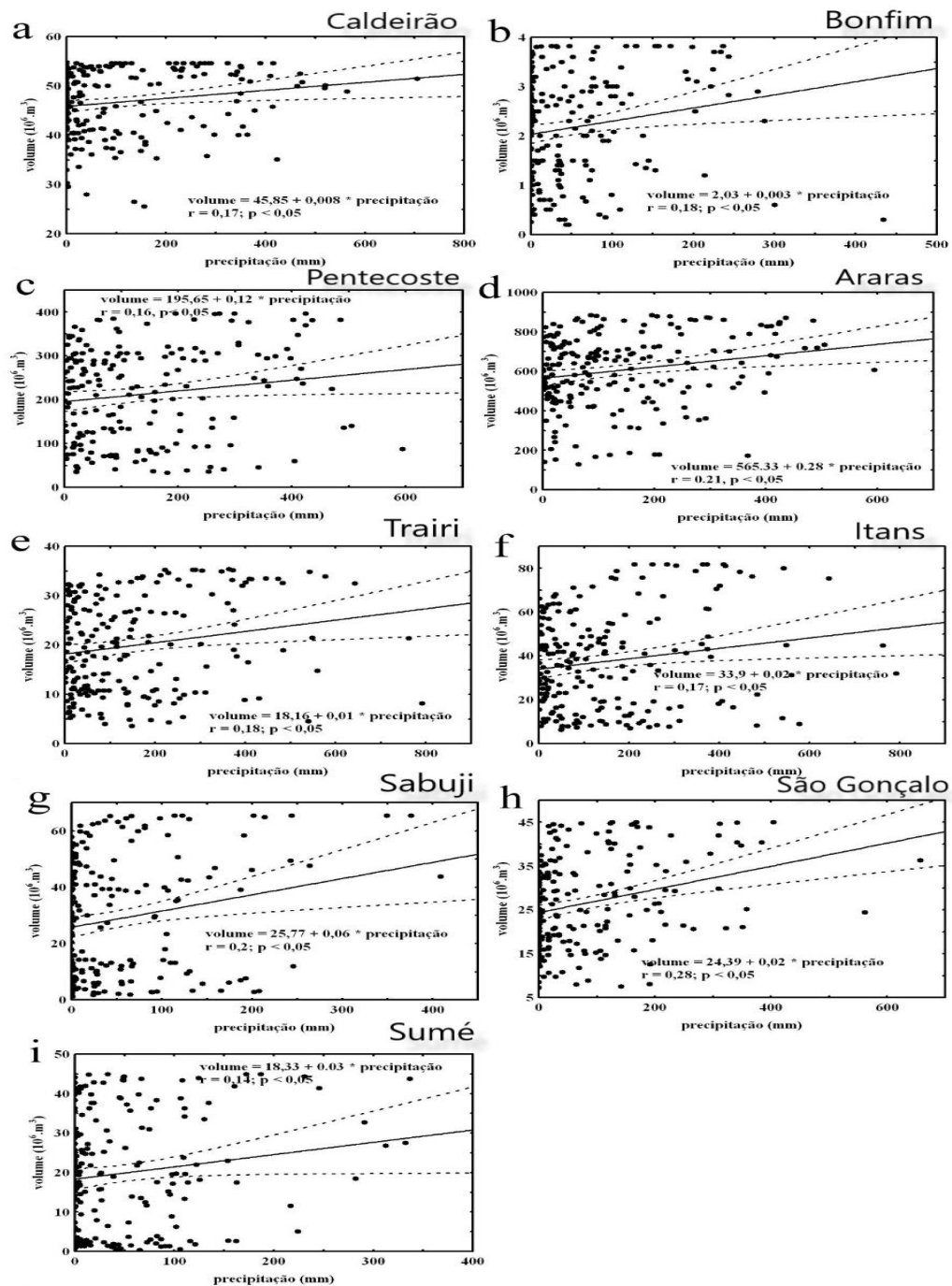


Figura 10. Influência da precipitação sobre o volume dos reservatórios.

No Piauí, a estação de Bom Jesus apresentou déficit hídrico, reduzindo o volume do reservatório de Bocaina. De acordo com Medeiros et al. (2016) o aumento da precipitação e no número de dias com chuvas ocorre no primeiro semestre do ano, já no segundo e quarto trimestre ocorre a diminuição das chuvas na região. Na estação Caldeirão, ocorreu uma correlação direta entre os parâmetros ambientais, dos períodos chuvosos e secos, e o volume do reservatório Caldeirão, o seu máximo de precipitação ocorre em Abril, acordando com os resultados encontrados em Silva et al. (2012), que investigaram os períodos e áreas mais susceptíveis a precipitação no Nordeste brasileiro. A estação de Guaramiranga gerou seca nos reservatórios de Pentecoste e Araras, sendo que Araras apresentou o seu volume em capacidade máxima no período chuvoso de 2003, confirmando os registros de Meireles et al. (2007). Costa e Silva (2017) encontraram correlações positivas entre os Índices de Anomalias de Chuva e a estação de Guaramiranga para o período de 1973 a 2010, isso pode ter acontecido pela proximidade com o litoral. No Rio Grande do Norte, a diminuição no regime pluviométrico das estações de Natal e Cruzeta refletiram na redução no volume de água em Trairi e Sabuji. Segundo Shimidt (2014), o RN passa por uma intensa crise hídrica, onde aproximadamente 82 % de suas estações não registraram volumes anuais acima de 900 mm no período de 1963 a 2007. Já na Paraíba, a perda do volume dos reservatórios São Gonçalo e Sumé pode ter sido um reflexo do alto déficit hídrico observado pelas as estações de São Gonçalo e Campina Grande. Menezes et al. (2008), registraram que o período chuvoso se estende de Janeiro a Abril nas microrregiões de Alto Sertão e Cariri, respectivamente, as estações de São Gonçalo e Campina Grande. Em relação aos estados de Pernambuco e Bahia, a precipitação não apresentou correlações estatisticamente significativas, provavelmente, pela maior influência do Oceano Atlântico na distribuição pluviométrica da água desses estados, colaborando os resultados encontrados por Ferreira e Kemenes (2017a).

A evaporação apresentou correlações inversamente proporcionais para quase todas as estações meteorológicas estudadas, o aumento da dissipação do calor para a atmosfera, através da evaporação, fez com que ocorresse a diminuição no volume dos respectivos reservatórios, isso está em acordo com outros autores, na região em estudo (BEZERRA; BEZERRA, 2016; PEREIRA et al., 2009) (Fig. 11 e 12).

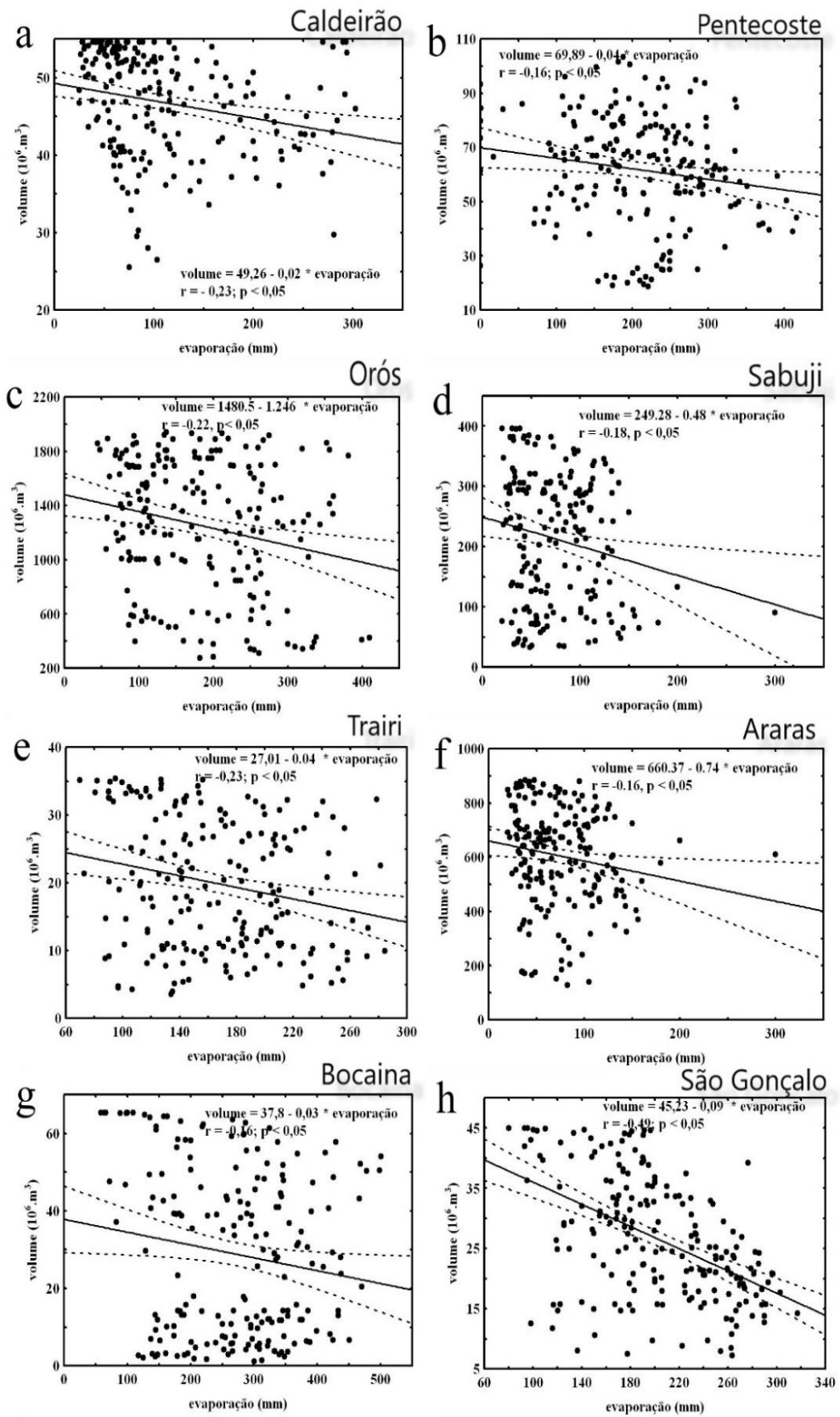


Figura 11. Influência da evaporação sobre o volume dos reservatórios.

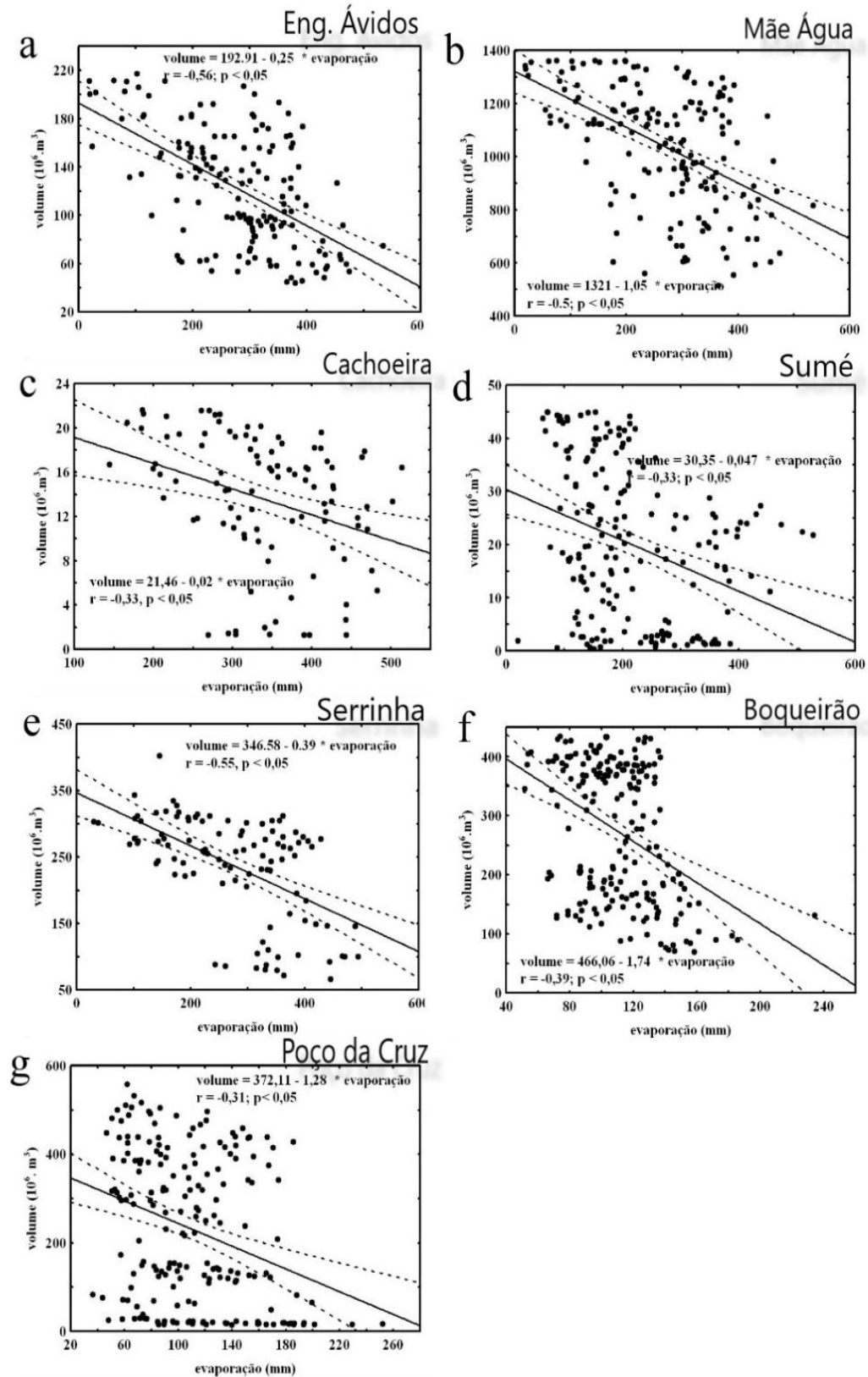


Figura 12. Influência da evaporação sobre o volume dos reservatórios.

No Ceará, esse mesmo fenômeno foi encontrado nos reservatórios de Pentecoste, Araras e Orós. Palácio et al. (2011), encontraram elevada salinidade no reservatório Pentecoste, que pode ser decorrente da alta taxa de evaporação além das condições naturais do solo. Silva et al. (2016) confirmam que Orós passou por uma grande estiagem no período de 2000 a 2010, devido as elevadas taxas de evaporação locais. Em Pernambuco, foi constatada uma diminuição do volume dos reservatórios de Cachoeira, Serrinha e Poço da Cruz. Moura et al., (2007) avaliaram a estação de Petrolina localizada próximo ao reservatório Cachoeira e encontraram taxas elevadas de evaporação, entre 2.500 a 3.000 mm, contribuindo para sua deficiência hídrica, principalmente nos meses de Setembro e Outubro. Silva et al. (2011), no Rio Grande do Norte, nos reservatórios de Trairi, Itans e Sabuji, observaram elevados níveis de nutrientes são originados pela alta evaporação da água dos reservatórios no estado. Na Paraíba, todas as estações avaliadas apresentaram proporcionalidade entre o volume e evaporação, gerando cheia ou seca em Sumé, São Gonçalo, Eng. Ávidos, Mãe Água e Boqueirão. Azevedo et al. (2016), investigaram Sumé e encontraram a diminuição do seu volume, isso foi justificado pela alta taxa de evaporação, caracterizada pela alta concentração de fósforo e nitrogênio dissolvidos na água. Na Bahia, a estação de Monte Santo não apresentou correlações significativas com o reservatório Riacho do Paulo.

Cerca de 65 % dos reservatórios apresentaram perda em seu volume por evaporação, contradizendo os resultados de Meireles et al. (2007), onde 40 % das águas acumuladas em reservatórios foram perdidas pelo processo da evaporação. O nível baixo dos reservatórios de 2012 a 2015 são provenientes de baixos índices pluviométricos dos últimos anos, além das elevadas taxas de calor dissipado, nesse período 463 reservatórios do Nordeste Setentrional tiveram seu volume reduzido (BEZERRA; BEZERRA, 2016), dentre estes, Araras, São Gonçalo e Engenheiro Ávidos, corroborando com Meireles et al. (2007), que investigaram o déficit hídrico destes reservatórios. Os parâmetros regionais avaliados são, na maioria das vezes, grandezas inversamente proporcionais ao volume do reservatório (DANTAS; SALES, 2015; PEREIRA et al., 2009). Mas em outros estudos, não ocorreu este padrão, em Pentecoste, no período chuvoso de Janeiro/2005 a Maio/2005, ocorreu uma diminuição do volume aliado a diminuição da evaporação, este mesmo padrão foi evidenciado em Trairi, entre os meses de Julho/2013 e Junho/2005. Nesse estudo não foi avaliada o efeito da tomada da bacia hidrográfica à montante, entretanto, esta influência deve ser levados em consideração diante da sua forte influência na regulação do volume desses reservatórios (COSTA; CAMPOS, 2012).

Os parâmetros globais tiveram menor representatividade no regime de chuvas, devido a influência direta de uma diversidade de sistemas atmosféricos presentes no Nordeste que mascararam a influência dos eventos extremos (FERREIRA; KEMENES, 2017 a,b). A ação conjunta dos parâmetros globais e regionais potencializam o acúmulo de água de reservatórios (ARAUJO; BRITO, 2011; COSTA; SILVA, 2017; SANTOS; BRITO, 2007), isso foi observado, neste estudo, em Pentecoste, Orós, Mãe Água, Sumé, Boqueirão, Cachoeira e Poço da Cruz. Em relação as anomalias de TSM, o Oceano Atlântico apresentou maior influência no regime pluviométrico do que o Oceano Pacífico, e isso foi avaliado por outros autores (ANDREOLI; KAYANO, 2007; MOURA et al., 2009; SALGUEIRO et al., 2016; SILVA et al., 2011). No presente estudo, o reservatório Mãe Água, foi o único correlacionado positivamente tanto pelo Oceano Atlântico (Norte) quanto pelo Oceano Pacífico (na localidade Niño 4). Já Salinas, Mendobim e Marechal Dutra, não apresentaram correlações estatisticamente significativas com nenhum dos parâmetros analisados, provavelmente, outros eventos de escala sinótica podem ter influenciado tais reservatórios, como a ZCIT e VCAN (CAVALCANTI et al., 2016).

6. CONCLUSÕES

Os parâmetros locais, utilizados neste estudo, precipitação e evaporação, apresentaram grande representatividade para o volume de água acumulada pelos reservatórios do interior do Nordeste. Os parâmetros globais tiveram menor representatividade, entretanto, mesmo assim significativa para diversos reservatórios. A influência direta da diversidade dos sistemas atmosféricos presentes no Nordeste pode estar mascarando a real influência das anomalias de temperaturas vindas dos eventos climáticos extremos. Entretanto, a ação conjunta de parâmetros globais e regionais pode estar potencializando o acúmulo ou a perda de água desses reservatórios.

Dos parâmetros ambientais regionais, o parâmetro evaporação apresentou o maior número de correlações significativas, merecendo destaque, é seguido das anomalias da temperatura da superfície do oceano Atlântico. Alguns reservatórios foram influenciados tanto por parâmetros globais como os regionais, com maior ou menor valor. Outras influências climáticas, e até mesmo antrópicas, como por exemplo, uso de água para irrigação, devem ser melhor avaliadas buscando encontrar a diversidade de explicações para sustentar o comportamento hídrico dos reservatórios do interior do Nordeste.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. B. A.; CAMPOS, J. N. B.; NASCIMENTO, L. S. V. Sensibilidade Intrazonal de um downscaling dinâmico de precipitação (1971-2000): uma Análise na Bacia Hidrográfica do Açude Castanhão-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 1, p. 73-87, 2008.

ALVES, J. M. B. A.; SILVA, M.S; RICKES, C.P. *Downscaling* dinâmico de precipitação e veranicos no estado do Ceará. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 02, n. 04, p. 385-393, 2017.

ALVES, J. M. B. A. et al. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o Nordeste do Brasil durante janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 1, p. 56-76, 2006.

ANDRADE, C. M.; MARQUES, L. S. Semiárido brasileiro: alguns desafios. **Diversitas Journal**, v. 2, n.2, p. 279-288, 2017.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007.

ARAGAO, J. O. R. Tempo e clima: a influência do fenômeno El Niño: Oscilação do Sul e Dipolo do Atlântico. **Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco**, 2002.

ARAÚJO, W. S.; BRITO, J. I. B. Índices de tendências de mudanças climáticas para os estados da Bahia e Sergipe por meio de índices pluviométricos diários e sua relação com TSM do Pacífico e Atlântico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 541 - 554, 2011.

ARAÚJO, J.; COHIM, E. The interference of rainfall distribution in size of rain water tanks in Bahia. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, v. 3, n. 10, p. 190-193, 2017.

ARTAXO, P. Mudanças climáticas e o Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 8-12, 2014.

AZEVEDO, D. J. D.; AZEVEDO, E. L.; GOMES, W. I. A qualidade de água em reservatórios no semiárido durante seca prolongada: uma discussão para avaliação dos efeitos de mudanças climáticas. In: Congresso Baiano de Engenharia Sanitária Ambiental, 4., 2016, Bahia. **Anais... Bahia**, 2017. p. 1-7.

BESSAT, F. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhas geográfico. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 11-26, 2003.

BEZERRA, A. C. N.; CAVALCANTI, E. P. Energia Estática, sobre o Norte e Nordeste do Brasil relacionada com a Temperatura da Superfície do mar. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 2, p. 239-263, 2008.

BEZERRA, M. B.; BEZERRA, A. P. P. S. A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta. **Revista do Regne**, v. 2, p. 623- 632, 2016.

BORSATO, V. A. A dinâmica atmosférica no Centro-Sul do Brasil no verão e as Influências do El Niño Oscilação Sul (Enos). **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v.22, p. 135-157, 2011.

CAMPOS, J. N. B. et al. Sobre a eficiência de pequenos e grandes reservatórios. 2002.

CAVALCANTI, I. F. A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2016, p. 464- 470.

COLLISCHONN, W.; DORNALLES, F. **Hidrologia e Ciências ambientais**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, p. 336, 2013.

COSTA, J. A.; SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n. 04, p. 1002-1013, 2017.

COSTA, A. B. et al. Caracterização Isotópica e Estimativa da Evaporação Usando Isótopos Estáveis nos Reservatórios de França e São José do Jacuípe, Região do Semiárido Baiano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 49-58, 2010.

COSTA, A. C. C.; CAMPOS, J. N. B. Participação dos usuários na alocação da água dos reservatórios no Ceará: os casos do Jaguaribe e Banabuiú em 2002. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12., 2012, Curitiba-PR. **Anais...** Curitiba, 2012, p. 1-17.

CURTARELLI, M. P. et al. Avaliação da dinâmica temporal da evaporação no reservatório de Itumbiara, GO, utilizando dados obtidos por sensoriamento remoto. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n.1, p. 272-289, 2013.

DANTAS, S. P.; SALES, M. C. L. A influência do açude Castanhão no clima local de Jaguaratama – Ceará - Brasil: Uma análise no campo térmico e higrométrico. **Revista Equador**, v. 4, n. 2, p. 2-17, 2015.

DOURADO, C. S.; OLIVEIRA, S. R. M.; AVILA, A. M. H. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no estado da Bahia. **Agrometeorologia**, Campinas-SP, v. 72, n. 2, p. 192-198, 2013.

FERREIRA, L.G.C.; KEMENES, A. Influência das Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar sobre Reservatórios do Nordeste. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 20., 2017, Juazeiro- BA. **Anais...** Juazeiro, 2017a, p. 412-416.

_____. Impactos dos Eventos Extremos sobre os Reservatórios do Nordeste. In: Congresso Brasil Norte de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1., 2017b, Belém-PA. **Anais...** Belém, 2017, p. 4-8.

FERRER, J. T. V. Mudanças do clima 2007: impactos adaptação e vulnerabilidade. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v.2, n. 5, p. 1-9, 2007.

FILHO, F. L. C.; FEITOSA, F. A. C.; XAVIER, A. C. G. Adutora do Semiárido do Piauí. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 17., 2012, Bonito-MS. **Anais...** Bonito, 2012, p. 1-4.

FONTES, A. S.; OLIVEIRA, J. I. R.; MEDEIROS, Y. D. P. A evaporação em açudes no Semi-árido Nordeste do Brasil e a gestão das águas. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15., 2005, Curitiba-PR. **Anais...** Curitiba, 2015, p. 1- 14.

HANLEY, D. E. et al. A Quantitative Evaluation of ENSO Indices. **American Meteorological Society**, v.16, p. 1249-1258, 2013.

HAYLOCK, M. R. et al. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, p. 1490-1512, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Previsão Climática para Primavera. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=noticia/visualizarNoticia&id=89>>. **Acesso em:** 15 jan. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Ocorrências de El Niño e La Niña. Disponível em: < <http://enos.cptec.inpe.br/> >. **Acesso em:** 02 mar. 2017.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Decadal variability of northern Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies. **Journal of Geophysics Research**, v. 109, p. 1-8, 2004.

KAYANO, M. T.; OLIVEIRA, C. P.; ANDREOLI, R. V. Interannual relations between South American rainfall and tropical sea surface temperature anomalies before and after 1976. **International journal of climatology**, v. 29, p. 1439-1448, 2009.

KEMENES, A.; SANTOS, C. A. C. dos; SATYAMURTY, P. A Influência de Eventos Climáticos Extremos na Atividade de Hidrelétricas Amazônicas. **Ciência Hoje**, v. 50, p. 36-41, 2012.

KEMENES, A.; PEREIRA, L. A.; SANTOS, C. A. C. A Influência de Eventos Climáticos Extremos na Atividade de Hidrelétricas Amazônicas. In: Simpósio de Mudanças Globais e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 4., 2015, Petrolina- PE 2015. **Anais...** Petrolina, 2015, p. 1-9.

LAURENTIS, D. G.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação da Qualidade de Água em Grandes Bacias: Rio Taquari-Antas, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 5-22, 2008.

LENTERS, J. D.; KRATZ, T. K.; BOWSER, C. J. Effects of climate variability on lake evaporation: Results from a long-term energy budget study of Sparkling Lake, Northern Wisconsin (USA). **Journal of Hydrology**, Amsterdam, n. 4, v. 308, p. 168–195, 2005.

LIMA, A. G. **Contribuição de um sistema convectivo de mesoescala para o armazenamento de água na Paraíba**. 2009. Dissertação (Doutorado em Meteorologia)-Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2009.

LUCENA, D. B.; FILHO, M. F. G.; SERVAIN, J. Avaliação do impacto de Eventos Climáticos Extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a Estação Chuvosa no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 297-312, 2011.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Inpa**, p. 49-54, 2016.

MARENGO, J. A. et al. Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. **American Meteorological Society**, v. 26, p. 9137- 9154, 2013.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 25-32, 2014.

_____. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, p. 410- 450, 2011.

MEDEIROS, R.M. et al. El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal-PB, v. 11, n. 2, p. 16-23, 2016.

MEIRELES, A. C. M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E. M. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no Semi-Árido Cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n.1, p. 25-31, 2007.

MENEZES, H. E. A. et al. A relação entre a Temperatura da Superfície dos Oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 2, p. 152-161, 2008.

MINUZZI, R. B. et al. Influência da La Niña na estação chuvosa da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 345-353, 2007.

MORAES, N. M.; BARBOSA, M. P.; DE ARAÚJO, A. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do Semi-árido Paraibano. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 61-66, 2007.

MOSCATI, M. C. L.; GAN, M. A. Rainfall variability in the rainy season of semiarid zone of Northeast Brazil (NEB) and its relation to wind regime. **International Journal of Climatology**, v. 27, n. 4, p. 493-512, 2007.

MOURA, G. B. A. et al. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos Oceanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 462–469, 2009.

MOURA, M. S. B. et al. **Clima e Água no Semiárido**. 2.ed. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 59 p.

NETO, J. M. M.; BARBOSA, M. P.; ARAUJO, A. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do Semi-árido Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, v.11, n.1, p. 61–66, 2007.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, A. C. F. Tendência de Temperatura na Superfície do Mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e Variabilidade de Precipitação em Pernambuco. **Revista Mercator**, Fortaleza-CE, v. 13, n. 1, p. 107-118, jan-abr, 2014.

NÓBREGA, R. S. Tendência do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 63, p. 9-26, 2016.

NÓBREGA, R. S. et al. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, p. 197-208, 2014.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle Climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 276-292, 2016.

OLIVEIRA, G. S. O El Niño e você: o fenômeno climático. **Transtec**, São José dos Campos - SP, 2001.

PALÁCIO, H. A. Q. et al. Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 15, n.4, p. 395–402, 2011.

PEREIRA, S. B. et al. Evaporação líquida no lago de Sobradinho e impactos no escoamento devido à construção do reservatório. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p. 346–352, 2009.

REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REBOITA, M. S. Causas da Semiariadez do Sertão Nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 254-277, jul-dez, 2016.

SALGUEIRO, J. H. P. B. et al. Influence of oceanic-atmospheric interactions on extreme events of daily rainfall in the Sub-basin 39 located in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre-RS, v. 21, n. 4, p. 685-693, out-dez, 2016.

SANTOS, C. A. C. et al. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. B. Análise dos Índices de Extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com tsm e ivdn. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 303-312, 2007.

SANTOS, C. A. C. **Estimativas e Tendências de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba**, 2006, 98 p., Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

SANTOS, C. A. C.; MANZI, A. O. Eventos Extremos de Precipitação no Estado do Ceará e suas relações com a Temperatura dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 157 - 165, 2011.

SCHMIDT, D. M. **Dinâmica das configurações de formação e inibição das chuvas no Rio Grande do Norte**: caracterização hidroclimática do estado. 2014. 136 f. Dissertação (Doutorado em Ciências Climáticas)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2014.

SILVA, A. P. N. et al. Correlação entre as Temperaturas da Superfície do Mar e a Quantidade da Precipitação na Estação Chuvosa no Nordeste do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 149-156, 2011.

SILVA, V. de P. R. da.; PEREIRA, R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 163 - 172, 2012.

SILVA, E. R. L. D. G.; SILVA, M. E. S. Memória de eventos Enos na precipitação da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia- USP**, v. 30, p. 34-55, 2015.

SILVA, R.O.B.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SOUZA, W.M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Eng. Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 579- 589, 2017.

SILVA, A. R. S. et al. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 02, n. 04, p. 377-384, 2017.

SILVA, E. B. S. et al. Variação espacial da precipitação das cidades do centro do Sul do estado do Ceará, Brasil. **Perspectivas online**, Campos dos Goytacazes-RJ, v. 16, n. 6, p. 27-33, 2016.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**, San Francisco, p. 573-1973, 1973.

SOPPA, M. A.; PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. Variabilidade das anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico sudoeste e sua relação com o fenômeno El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, p. 375-391, 2011.

SOUZA, W. M; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-Pe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.1, p. 143-159, 2012.

TRENBERTH, K. The Climate Data Guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI. **Cimate**, p. 1697-1701, 2016.

VALE, R. S. et al. Hydroclimatic variables associated with El Niño and La Nina events at the Curuá-Una hydroelectric reservoir, Central Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 3, p. 303–308, 2016.