

# Influência das anomalias de temperatura da superfície do mar (Atlântico e Pacífico) sobre o acúmulo de água em reservatórios do interior do Nordeste do Brasil (1998-2015)



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio-Norte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

## **DOCUMENTOS 263**

# Influência das anomalias de temperatura da superfície do mar (Atlântico e Pacífico) sobre o acúmulo de água em reservatórios do interior do Nordeste do Brasil (1998-2015)

*Alexandre Kemenes  
Luanny Gabriele Cunha Ferreira*

***Embrapa Meio-Norte  
Teresina, PI  
2019***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5.650,  
Bairro Buenos Aires

Caixa Postal 01

CEP 64008-480, Teresina, PI

Fone: (86) 3198-0500

Fax: (86) 3198-0530

[www.embrapa.br/meio-norte](http://www.embrapa.br/meio-norte)

Serviço de Atendimento ao

Cidadão(SAC)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações da Unidade Responsável

Presidente

*Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo*

Secretário-administrativo

*Jeudys Araújo de Oliveira*

Membros

*Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana Pereira dos Santos Fernandes, Lígia Maria Rolim Bandeira, Humberto Umbelino de Sousa, Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Antônio de Pádua Soeiro Machado, Alexandre Kemenes, Ana Lúcia Horta Barreto, Braz Henrique Nunes Rodrigues, Francisco José de Seixas Santos, João Avelar Magalhães, Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara*

Supervisão editorial

*Lígia Maria Rolim Bandeira*

Revisão de texto

*Francisco de Assis David da Silva*

Normalização bibliográfica

*Orlane da Silva Maia*

Editoração eletrônica

*Jorimá Marques Ferreira*

Foto da capa

*Alexandre Kemenes*

**1ª edição**

1ª impressão (2019): formato digital

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Meio-Norte

---

Kemenes, Alexandre.

Influência das anomalias de temperatura da superfície do mar (Atlântico e Pacífico) sobre o acúmulo de água em reservatórios do interior do Nordeste do Brasil (1998-2015) / Alexandre Kemenes e Luanny Gabriele Cunha Ferreira. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2019.

39 p. : il. ; 16 cm x 22 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 263).

1. Disponibilidade de água. 2. Condição ambiental. 3. Precipitação pluvial. 4. Reservatório de água. I. Ferreira, Luanny Gabriele Cunha. II. Embrapa Meio-Norte. III. Título. IV. Série.  
CDD 333.911 (21. ed.)

## Autores

### **Alexandre Kemenes**

Biólogo, doutor em Ecologia Tropical, pesquisador da Embrapa Meio-Norte (UEP-Parnaíba), Parnaíba, PI

### **Luanny Gabriele Cunha Ferreira**

Engenheira-agrônoma, pós-graduanda em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA

## Agradecimentos

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), pela disponibilidade de dados e informações por meio das suas plataformas digitais, auxiliando no desenvolvimento da pesquisa.

## Apresentação

No Nordeste brasileiro, existe uma diversidade de fenômenos naturais responsáveis pelo equilíbrio das chuvas, entre os quais, os eventos climáticos extremos. Nos últimos anos, eles ganharam destaque junto à comunidade científica, buscando compreender melhor a irregularidade pluviométrica dessa região. Atualmente, estão ocorrendo mudanças climáticas globais que podem intensificar os efeitos desses eventos e gerar fortes impactos junto ao equilíbrio climático continental, com reflexos sobre as atividades produtivas no interior do Nordeste do Brasil. Neste trabalho, foi avaliada a influência das anomalias de temperatura da superfície do mar (Atlântico e Pacífico), resultantes dos eventos climáticos extremos, eventos regionais de precipitação e evaporação local sobre o volume de água acumulada em 26 reservatórios do interior do Nordeste do Brasil, incluindo os estados do Piauí, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia, no período de 1998 a 2015. Concluiu-se que esses reservatórios receberam fortes influências tanto dos processos climatológicos regionais quanto das anomalias globais de temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico. Também foram dados indícios que existem outros mecanismos que estão regendo o acúmulo de água nesses reservatórios. Entretanto, a influência dos eventos climáticos extremos é de fundamental importância, podendo, por meio do seu monitoramento, auxiliar na previsão do volume total anual de água, possibilitando alertar a necessidade de mudanças de comportamento no uso, trazendo mais segurança hídrica para a população do interior do Sertão nordestino

*Luiz Fernando Carvalho Leite*  
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte

## Sumário

Lista de abreviaturas .....	11
Lista de tabelas .....	13
Lista de figuras .....	15
Introdução.....	16
Material e métodos .....	17
Local do estudo .....	17
Obtenção dos dados .....	20
Relação estatística .....	20
Parâmetros climáticos globais.....	21
Parâmetros climáticos regionais.....	30
Conclusões.....	35
Referências .....	36

## Lista de abreviaturas

<b>TSM</b> .....	Temperatura da Superfície do Mar
<b>TNAI</b> .....	Temperatura do Atlântico Norte
<b>TSAI</b> .....	Temperatura do Atlântico Sul
<b>DNOCS</b> .....	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
<b>NOAA</b> .....	National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>INMET</b> .....	Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil
<b>BDMEP</b> .....	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
<b>FUNCEME</b> .....	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
<b>AESA</b> .....	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
<b>APAC</b> .....	Agência Pernambucana de Águas e Clima
<b>EMPARN</b> .....	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
<b>ZCIT</b> .....	Zona de Convergência Intertropical
<b>VCAN</b> .....	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
<b>ENSO</b> .....	El Niño Southern Oscillation

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Relação entre os reservatórios e as estações meteorológicas, de acordo com a proximidade geográfica. ....	10
<b>Tabela 2.</b> Coeficiente de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das anomalias de TSM (TNAI, TSAI, Niño 1 + 2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3.4) e as médias mensais do volume dos reservatórios nos anos de 1998 a 2015. Volumes máximos e mínimos dos reservatórios.....	12
<b>Tabela 3.</b> Equação de regressão linear para estimar o volume dos reservatórios, de acordo com os valores das anomalias de TSM.....	20
<b>Tabela 4.</b> Coeficiente de correlação de Pearson entre precipitação e evaporação, total mensal, e o volume de água acumulada nos reservatórios nos anos de 1998 a 2015. ....	20
<b>Tabela 5.</b> Análise de regressão linear simples entre o volume dos reservatórios e parâmetros regionais (precipitação ou evaporação). ....	24

## Lista de figuras

- Figura 1.** Distribuição espacial dos 26 reservatórios em estudo na região Nordeste do Brasil..... 8
- Figura 2.** Distribuição espacial das 21 estações meteorológicas em estudo na região Nordeste do Brasil..... 9
- Figura 3.** Localização geográfica das anomalias de temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico (imagem adaptada de NOAA, 2005; MENEZES et al., 2008). ..... 11
- Figura 4.** Influência histórica das anomalias de temperatura do Atlântico Norte (TNAI) sobre reservatórios do interior do Nordeste: a - Barreiras, PI; b - Várzea do Boi, CE; c - Orós, CE; d - Mãe Água, PB; e - Sumé, PB; f - Boqueirão, PB; g - Poço da Cruz, PE..... 14
- Figura 5.** Influência histórica das anomalias de temperatura do Atlântico Sul (TSAI) sobre reservatórios do interior do Nordeste: a - Entremontes, PE; b - Cachoeira, PE; c - Rosário, PE; d - Riacho do Paulo, BA..... 15
- Figura 6.** Influência histórica das anomalias de temperatura do Pacífico (Niño 3, 3.4 e 4): a,b,c - Pentecoste, CE; d - Castanhão, CE; e - Mãe Água, PB..... 18
- Figura 7.** Influência histórica da evaporação e precipitação mensal sobre o volume de água acumulada nos reservatórios: a - Itans, RN; b - São Gonçalo, PB; c - Eng. Ávidos, PB; d - Mãe Água, PB; e - Sumé, PB; f - Boqueirão, PB; g - Cachoeira, PE; h - Serrinha - PE; i - Poço da Cruz, PE; j - São Gonçalo, PB..... 22
- Figura 8.** Série histórica da variação diária do volume de água acumulada nos 26 reservatórios estudados do interior do Nordeste do Brasil, de 1998 a 2015.....23

## Introdução

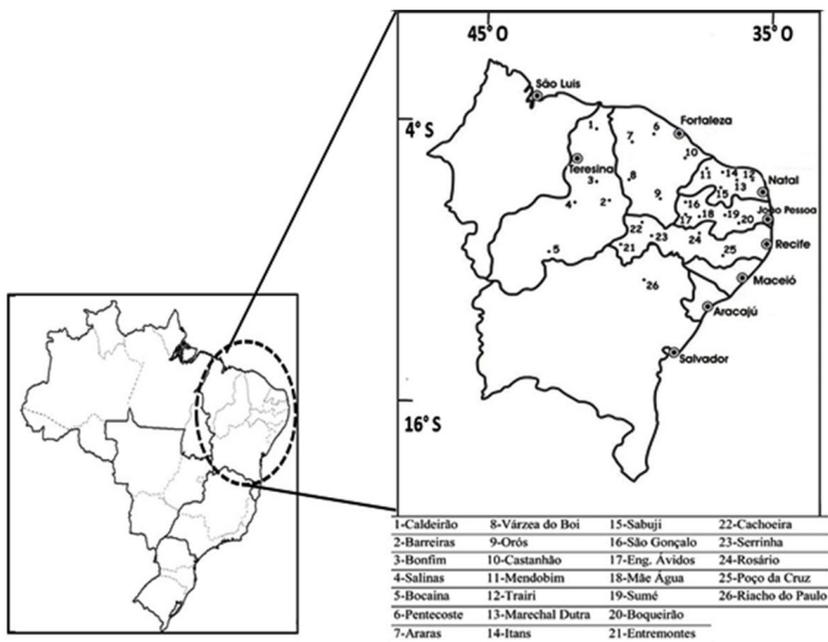
A irregularidade na distribuição das chuvas e a escassez hídrica no interior do Sertão nordestino pode ser o resultado de um processo histórico de exploração com o mau uso do solo, resultando em mudanças ecossistêmicas, como a perda da diversidade biológica. Além disso, existe a confluência dos fenômenos de escala sinótica com os eventos globais, interanuais e decadais, aliados ao processo de mudanças climáticas. Marengo (2014) afirmou que a intensidade das secas ocorridas no interior do Nordeste são indícios de uma elevada variabilidade climática dessa região.

Os desafios enfrentados perante a realidade nordestina fizeram com que o homem do sertão criasse mecanismos para aumentar a segurança hídrica e alimentar. Um desses é a construção de grandes reservatórios, buscando garantir o abastecimento de água para uma população crescente (Laurentis et al., 2008; Andrade; Marques, 2017). Foram construídos, por iniciativas federais, estaduais, municipais e particulares, milhares de reservatórios superficiais, fazendo a região nordestina ter a maior capacidade de água acumulada em açudes artificiais do planeta. Durante mais de 100 anos, foi construído um enorme patrimônio hídrico para a captação de água das chuvas. Entretanto os eventos climáticos em escala global podem afetar o regime pluviométrico e conseqüentemente influir na quantidade de água acumulada nos reservatórios (Silva et al., 2011; Salgueiro et al., 2016; Ferreira; Kemenes, 2017a). Alguns pesquisadores atribuem a intensidade da variação climática interanual aos eventos extremos globais, como o aquecimento incomum das águas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico, fenômenos El Niño, La Niña, TNAI (índice de temperatura do Atlântico Norte) e TSAI (índice de temperatura do Atlântico Sul). Entretanto os parâmetros ambientais locais, resultantes da circulação atmosférica regional e outros mecanismos climáticos de escala sinótica, também são importantes (Santos; Brito, 2007). Os reservatórios recebem água proveniente da precipitação de ambientes adjacentes, algumas vezes de mais de uma bacia hidrográfica, auxiliando na influência desses eventos (Vale et al., 2016). O objetivo do estudo foi investigar a influência dos parâmetros climáticos, de escalas global e regional, sobre o volume de água acumulada em grandes reservatórios do Nordeste do Brasil, de 1998 a 2015.

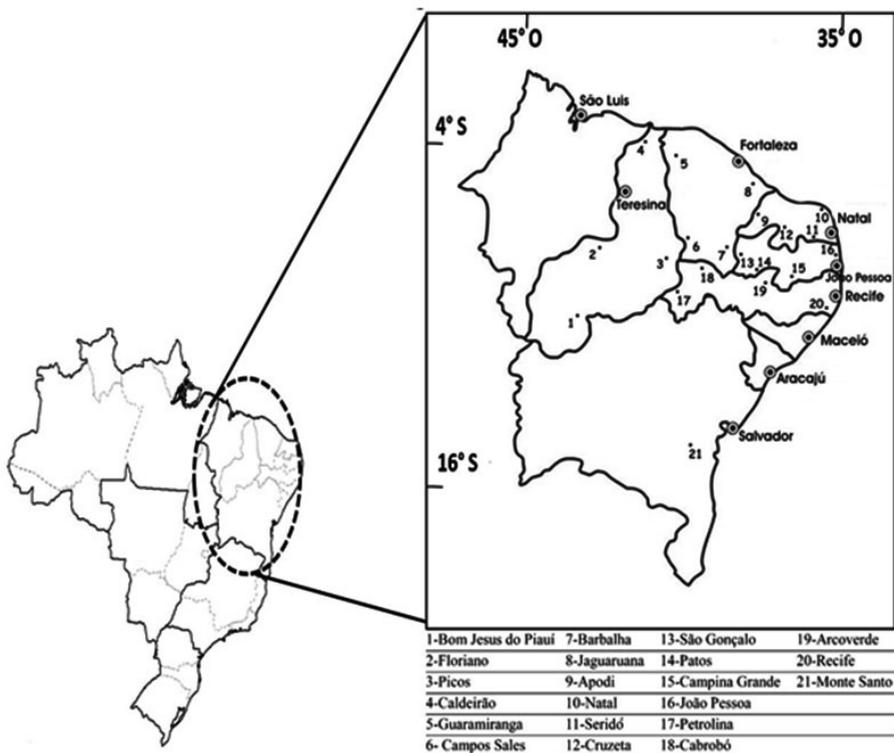
## Material e Métodos

### Local do estudo

Foram avaliados 26 reservatórios pertencentes a seis estados da região Nordeste do Brasil (Ceará, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia) (Figura 1). Foram utilizadas informações de 21 estações meteorológicas (Figura 2), selecionadas pela disponibilidade de dados e proximidade dos reservatórios em estudo (Tabela 1). As regiões do El Niño foram classificadas como Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4, de acordo com a distância do litoral da América do Sul; e os índices de temperatura superficial do Atlântico Norte e Sul (TNAI e TSAI), pela sua posição em relação à linha do Equador, Figura 3 (Silva; Silva, 2015).



**Figura 1.** Distribuição espacial dos 26 reservatórios em estudo na região Nordeste do Brasil.



**Figura 2.** Distribuição espacial das 21 estações meteorológicas em no estudo na região Nordeste do Brasil.

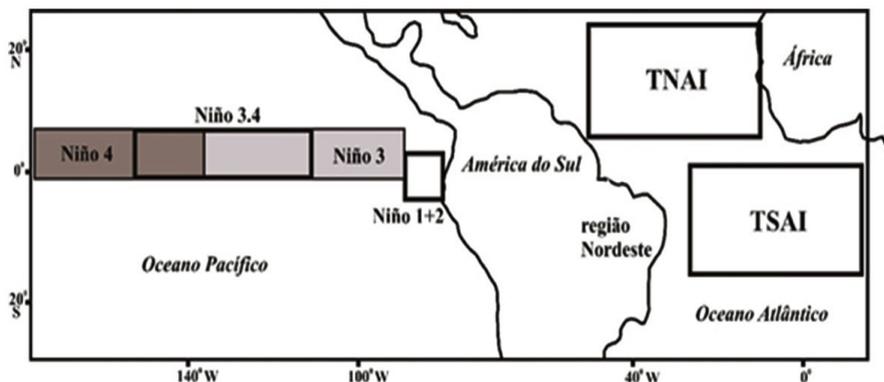
**Tabela 1.** Relação entre os reservatórios e as estações meteorológicas, de acordo com a proximidade geográfica.

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 do Boi (CE)	Campos Sales (CE)

Continua...

**Tabela 1.** Continuação...

Reservatório	Estação Meteorológica
Orós (CE)	Barbalha (CE)
Castanhão (CE)	Jaguaruana (CE)
Mendobim (RN)	Apodi (RN)
Trairi (RN)	Natal (RN)
Marechal Dutra (RN)	Seridó (RN)
Itans (RN)	Natal (RN)
Sabuji (RN)	Cruzeta (RN)
São Gonçalo (PB)	São Gonçalo (PB)
Eng. Ávidos (PB)	Patos (PB)
Mãe Água (PB)	Patos (PB)
Sumé (PB)	Campina Grande (PB)
Boqueirão (PB)	João Pessoa (PB)
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 Santo (BA)



**Figura 3.** Localização geográfica das anomalias de temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico.

Fonte: adaptado de NOAA (2005) e Menezes et al. (2008).

## Obtenção dos dados climáticos

Foram obtidas informações referentes à média mensal do volume total de água acumulada em 26 reservatórios do interior do Nordeste por meio do site do DNOCS ([www.dnocs.gov.br](http://www.dnocs.gov.br)). As médias mensais das anomalias de TSM, para as regiões de El Niño (1+2, 3, 3.4 e 4) no Oceano Pacífico Equatorial, pelos índices TNAI (Atlântico Norte) e TSAI (Atlântico Sul) no Oceano Atlântico Tropical, foram obtidas por meio do site da NOAA ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)). Os valores mensais acumulados, de precipitação e evaporação, foram adquiridos junto ao site do INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)), por intermédio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa; 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 Agropecuária do Rio Grande do Norte (<http://www.emparn.rn.gov.br/Index.asp>). Todas essas informações foram obtidas no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2015.

## Relação estatística

As anomalias de TSM (TNAI, TSAI, El Niño 1+2, 3, 3.4 e 4) e os dados de precipitação e evaporação foram correlacionados ao volume de água dos reservatórios por meio do índice de correlação simples de Pearson, buscando avaliar a relação entre os parâmetros climáticos e ambientais e a disponibilidade hídrica desses reservatórios. O coeficiente de Pearson ( $\rho$ ) assume valores entre -1 e +1;  $\rho = 1$  como uma correlação positiva perfeita entre as variáveis. Quando  $\rho = -1$ , existe uma correlação negativa perfeita, ou seja, quando uma aumenta, a outra diminui. Se  $\rho = 0$  ou muito pequeno, significa que as variáveis não dependem linearmente. Valores de  $\rho > 0,7$  ou  $\rho < -0,7$  indicam uma correlação forte;  $0,7 > \rho > 0,5$  ou  $-0,7 < \rho < -0,5$  indicam uma correlação moderada; para  $-0,5 < \rho < -0,3$  ou  $0,5 > \rho > 0,3$ , a correlação é fraca; e  $\rho < 0,3$  e  $\rho > -0,3$ , a correlação é nula (Hinkle et al.,

2003). Buscando avaliar se as correlações são significativas, ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ), foram realizados testes-t (Student). Foram confeccionados os gráficos das correlações moderadas e fortes para investigar melhor as interações. Posteriormente, foram realizadas análises de regressão simples buscando as equações como modelos matemáticos dessas correlações (Sneath; Sokal, 1973).

## Parâmetros climáticos globais

Foi utilizada a correlação simples de Pearson para avaliar a influência dos parâmetros climáticos globais, médias mensais das anomalias de TSM (regiões de Niño 1+2, 3, 3.4 e 4, no Oceano Pacífico equatorial, e TNAI e TSAI, no Oceano Atlântico), sobre o volume mensal de água acumulada nos reservatórios do Nordeste (Tabela 2).

Foram encontradas 16 correlações significativas, e a que apresentou o melhor resultado foi o TNAI sobre o volume de água acumulada no reservatório Várzea do Boi, indicando que o aumento da temperatura superficial do Atlântico Norte pode ter exercido uma influência direta e significativa sobre essa localidade no sudoeste do Ceará. Na teoria, quando as águas do Atlântico Norte (TNAI) estão mais quentes e o clima mais úmido e as águas do Atlântico Sul (TSAI) estão mais frias e o clima mais seco, ocorrem movimentos de massas de ar descendentes para as regiões setentrional e central do Sertão, inibindo a formação de nuvens e diminuindo a ocorrência da precipitação local, condições que podem anteceder longos períodos de estiagem (Nóbrega; Santiago, 2014). Santos e Brito (2007) analisaram as anomalias de temperatura da superfície do mar na Paraíba, de 1935 a 2000, e identificaram que dias consecutivos secos receberam influências diretas do aumento do TNAI. Entretanto, nesse estudo, o TNAI apresentou, algumas vezes, um comportamento anômalo, mostrando correlações positivas, ou seja, o aquecimento das águas superficiais do Atlântico Norte esteve associado ao aumento do volume de água dos reservatórios de Orós, Boqueirão, Barreiras, Várzea do Boi, Sumé, Mãe Água e Poço da Cruz (Figura 4).

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das anomalias de TSM (TNAI, TSAI, Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4) e as médias mensais do volume dos reservatórios nos anos de 1998 a 2015. Volumes máximos e mínimos dos reservatórios.

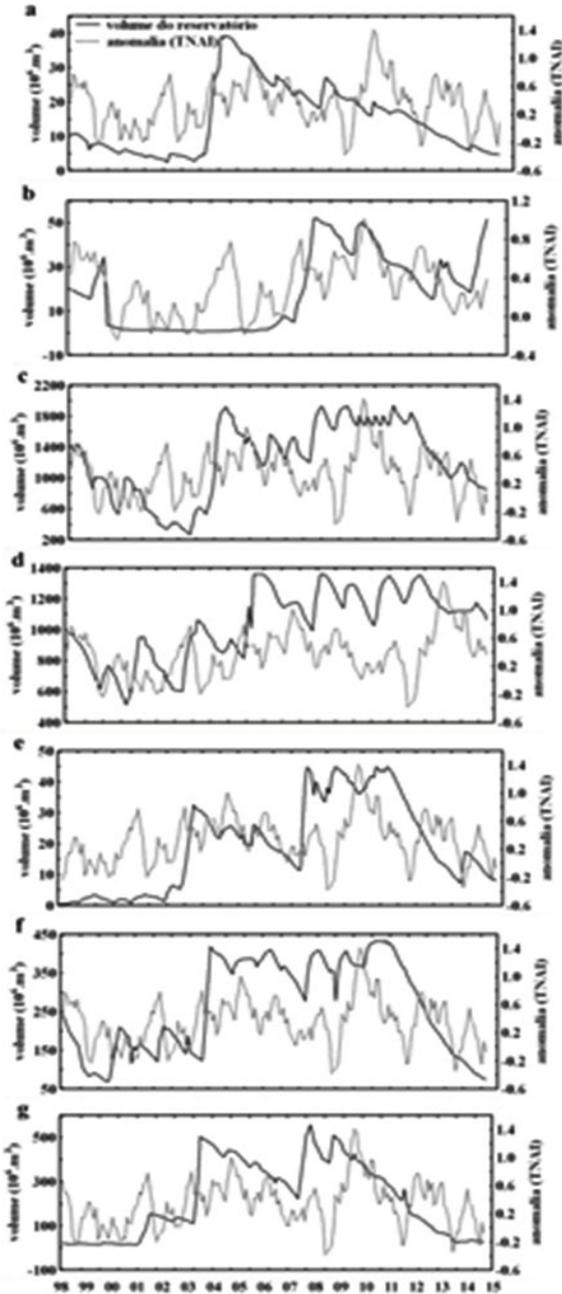
Reservatórios	Volume mínimo ( $\cdot 10^6\text{m}^3$ )	Volume máximo ( $10^6\text{m}^3$ )	El Niño (°C)				Temperatura Atlântico (°C)	
			1+2	3	4	3,4	TNAI	TSAI
Caldeirão	25,6	54,4	0,03	0,07	0,01	0,03	-0,14	0,19
Barreiras	3,25	39,3	-0,03	0,09	0,16	0,14	<b>0,36*</b>	0,00
Bonfim	0,33	3,86	0,12	0,02	-0,22	-0,10	0,13	0,18
Salinas	15,1	386,0	0,16	0,14	0,21	0,19	0,28	0,15
Bocaina	16,6	95,6	0,04	0,14	0,13	0,18	0,24	0,17
Pentecoste	32,7	395,0	0,18	<b>0,38*</b>	<b>0,49*</b>	<b>0,44*</b>	0,19	0,17
Araras	81,6	548,0	-0,06	0,00	0,07	0,04	-0,02	0,05
Várzea do Boi	0,75	51,8	-0,01	0,13	0,22	0,18	<b>0,54*</b>	-0,11
Orós	857,0	1413,0	0,05	0,03	-0,08	0,00	<b>0,33*</b>	0,07
Castanhão	235,0	6330,0	-0,12	-0,19	<b>-0,38*</b>	-0,26	0,28	0,06
Mendobim	944,0	76,3	0,02	0,14	0,09	0,14	0,28	-0,04
Trairi	2,34	35,2	-0,03	0,02	-0,11	-0,01	0,08	0,08
Marechal	0,83	44,6	0,10	0,12	-0,03	0,07	0,24	0,09

Continua.

Tabela 2. Continuação...

Reservatórios	Volume mínimo ( $\cdot 10^6 \text{m}^3$ )	Volume máximo ( $10^6 \text{m}^3$ )	El Niño (°C)				Temperatura Atlântico (°C)	
			1+2	3	4	3.4	TNAI	TSAI
Itans	6,21	81,4	0,12	0,16	0,02	0,11	0,28	0,12
Sabuji	1,12	65,3	0,11	0,20	0,16	0,20	0,24	0,09
São Gonçalo	4,25	44,6	-0,14	-0,12	-0,16	-0,12	0,10	0,14
Eng. Ávidos	43,8	216,0	0,11	0,27	0,24	0,27	0,26	0,08
Mãe Água	314,0	1360,0	0,06	0,24	<b>0,32*</b>	0,25	<b>0,30*</b>	0,00
Sumé	0,27	44,8	0,11	0,09	-0,02	0,05	<b>0,40*</b>	0,16
Boqueirão	75,6	433,0	-0,05	0,03	0,05	0,07	<b>0,41*</b>	0,00
Entremonte	13,4	229,0	0,03	-0,01	-0,08	-0,04	-0,02	<b>0,37*</b>
Cachoeira	1,26	21,5	0,28	0,16	-0,02	0,07	0,00	<b>0,34*</b>
Serrinha	42,2	402,0	0,01	-0,08	-0,26	-0,13	0,14	0,25
Rosário	1,39	35,1	0,17	0,01	-0,29	-0,10	0,11	<b>0,38*</b>
Poço Cruz	15,0	510,0	0,07	0,19	0,19	0,22	<b>0,42*</b>	0,14
Riacho Paulo	1,18	24,7	-0,14	-0,04	0,05	0,00	-0,07	<b>-0,37*</b>

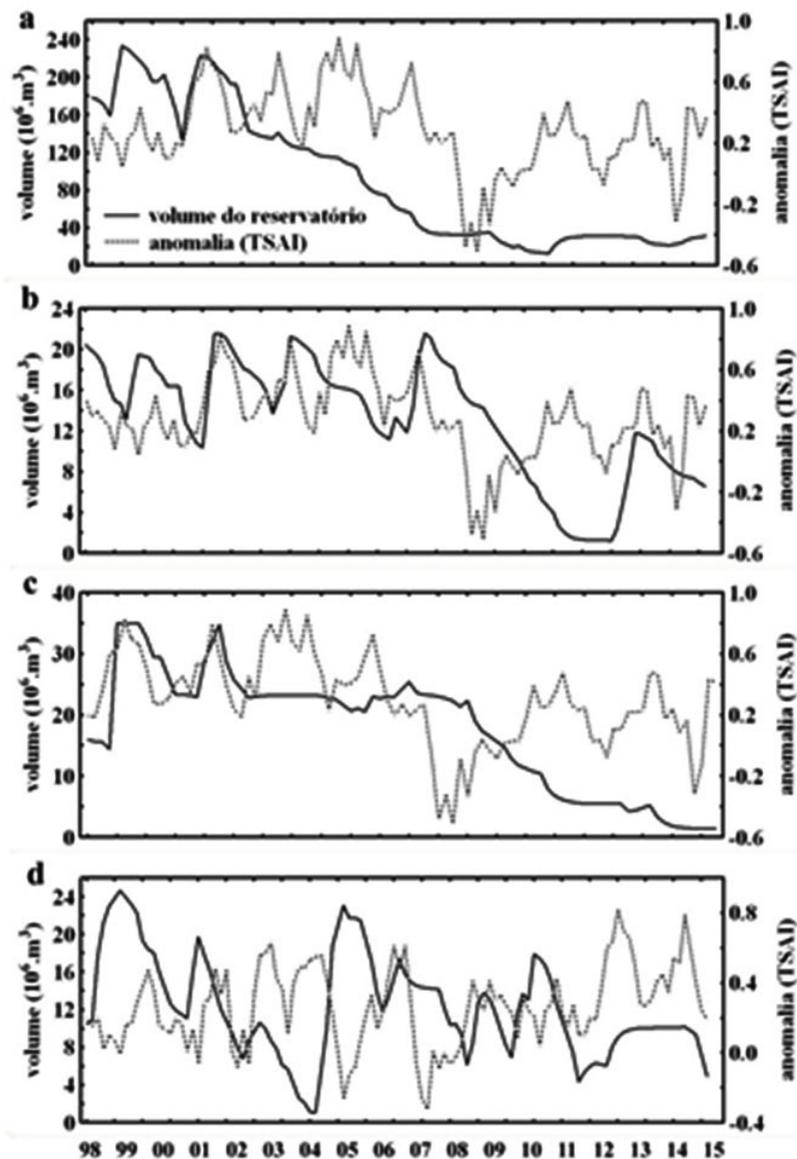
\* Valores em negrito são significativos ( $p < 0,05$ ), com teste t de Student.



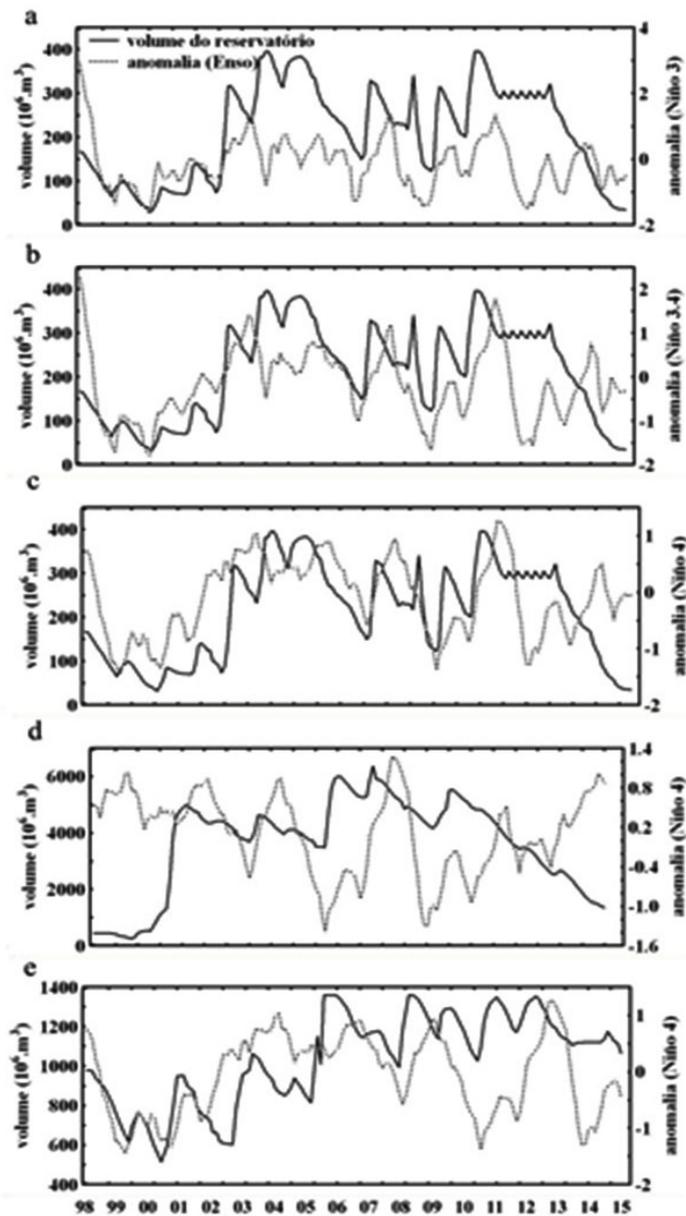
**Figura 4.** Influência histórica das anomalias de temperatura do Atlântico Norte (TNAI) sobre reservatórios do interior do Nordeste: a - Barreiras, PI; b - Várzea do Boi, CE; c - Orós, CE; d - Mãe Água, PB; e - Sumé, PB; f - Boqueirão, PB; g - Poço da Cruz, PE

As anomalias de TSM Atlântico incrementaram a precipitação em alguns locais do litoral leste da região Nordeste, cuja influência foi mais significativa que as anomalias do Pacífico, corroborando os resultados de Moura et al. (2009). Os índices TSAI influenciaram positivamente o volume de água acumulada da maioria dos reservatórios da Paraíba, como Entremontes, Rosário e Cachoeira II e negativamente em Riacho do Paulo, na Bahia (Figura 5). Já o aumento do volume de água nos reservatórios em Pernambuco está de acordo com os estudos realizados por Silva et al. (2011), que analisaram os parâmetros numa escala anual, de 1963 a 1992, confirmando que o aumento de temperatura superficial do Oceano Atlântico Sul gerou um aumento significativo das chuvas da costa leste pernambucana. Da mesma forma, Nóbrega e Santiago (2014, 2016) determinaram que a diminuição da precipitação de quatro municípios de Pernambuco, Recife, Serra Talhada, Caruaru e Palmares, em determinados períodos de 1950 a 2009, recebeu influência significativa da diminuição da temperatura superficial do Atlântico Sul. Dourado et al. (2013) investigaram áreas homogêneas de precipitação no estado da Bahia e encontraram que o maior índice pluviométrico do semiárido baiano está situado na localidade do reservatório Riacho do Paulo. Segundo Cavalcanti et al. (2016), o índice pluviométrico do semiárido baiano sofre influência dos sistemas frontais que geralmente inibem a atuação dos índices de TSM do Atlântico.

As anomalias de Niño 4 apresentaram correlações diretas com Pentecoste e Mãe Água, respectivamente, no Ceará e na Paraíba, e inversas no Castanhão, Ceará (Figura 6). Silva e Silva (2015) avaliaram que o Niño 4 está associado ao deficit hídrico do Nordeste Brasileiro. Já Santos et al. (2009) estudaram microrregiões no Ceará e encontraram, na estação de Viçosa do Ceará, um aumento de dias consecutivos úmidos e com precipitação, de 1935 a 2006, corroborando os resultados encontrados no reservatório de Pentecoste. Esse reservatório foi influenciado positivamente, ao mesmo tempo, por três regiões do Oceano Pacífico Sul (Niño 3, 3.4 e 4) (Figura 6).



**Figura 5.** Influência histórica das anomalias de temperatura do Atlântico Sul (TSAI) sobre reservatórios do interior do Nordeste: a - Entremontes, PE; b - Cachoeira, PE; c - Rosário, PE; d - Riacho do Paulo, BA



**Figura 6.** Influência histórica das anomalias de temperatura do Pacífico (Niño 3, 3.4 e 4): a,b,c - Pentecoste, CE; d - Castanhão, CE; e - Mãe Águas, PB

Uma relação inversa entre as temperaturas da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico e o volume de água acumulada nos reservatórios Castanhão, localizado no Ceará, e Riacho do Paulo, na Bahia, demonstrou que o aumento da temperatura, tanto no Atlântico quanto Pacífico Sul, esteve associado a uma diminuição da precipitação (Moraes et al., 2007; Santos; Manzi, 2011; Silva et al., 2011). A relação inversa entre os índices de TSM do Pacífico Sul é considerada um resultado confiável, de acordo com as teorias atuais dos efeitos dos eventos extremos do Pacífico Sul, fenômeno ENSO, sobre a região Nordeste do Brasil (Kemenes et al., 2015). Entretanto as correlações positivas são também resultados possíveis, sendo necessário efetuar mais estudos para a comprovação das teorias atuais. É importante destacar que a diversidade de sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e outros eventos, podem estar mascarando as reais influências das anomalias de TSM e dificultando a compreensão da distribuição das chuvas sobre a região Nordeste (Kemenes et al., 2015). Segundo Moscati e Gan (2007), a ocorrência da precipitação pode estar ligada, simultaneamente, a dois ou mais eventos climáticos extremos. Os reservatórios de Pentecoste de Mãe Água localizados no Ceará e na Paraíba, respectivamente, foram influenciados pelos eventos Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4; e Niño 4 e TNAI. Santos et al. (2009) investigaram as mudanças climáticas em Canindé Ceará, onde está o reservatório de Pentecoste, e encontraram que dias consecutivos chuvosos são influenciados por uma ação conjunta de parâmetros climáticos locais e globais. Santos e Brito (2007) analisaram as microrregiões da Paraíba, onde se localiza o reservatório de Mãe Água, e encontraram uma influência direta do Niño 1+2, Niño 3 e TSAI. Essa ação conjunta desses eventos influencia mais que isoladamente (Nóbrega; Santiago, 2014; Costa; Silva, 2017; ).

Os volumes dos reservatórios do Rio Grande do Norte não apresentaram correlações com as anomalias de TSM, podendo estar recebendo a influência dos eventos regionais de escala sinótica como a ZCIT. Nenhum dos reservatórios estudados mostrou correlações significativas com a

região do Niño 1+2. Talvez, por estar localizada mais próxima da costa da América do Sul, tenha menor representatividade junto ao volume de água acumulado nos reservatórios do interior do Nordeste (Trenberth, 2016). Esses dados corroboram os estudos de Silva et al. (2011), que analisaram as variações das anomalias de TSM e encontraram as menores variações para do Niño 1+2, o que pode indicar sua baixa influência junto ao interior do Nordeste do Brasil.

As anomalias do Oceano Atlântico apresentaram mais influência sobre o regime pluviométrico do Nordeste do Brasil que as do Pacífico, e isso também foi constatado por outros autores (Moura et al., 2009; Silva et al., 2011; Salgueiro et al., 2016). Já os reservatórios de Salinas, Mendobim e Marechal Dutra não apresentaram correlações estatisticamente significativas com os parâmetros climáticos globais analisados. Talvez, outros fenômenos estejam influenciando o acúmulo de água desses reservatórios. O aumento do volume de água da maioria dos reservatórios estudados pode ser justificado pelo aumento da intensidade dos eventos de escala sinótica, que resultam no aumento da precipitação sobre a região. Desses, o principal mecanismo regulador do interior do Nordeste é a ZCIT, quando está situada mais ao sul, durante o primeiro semestre do ano, gerando um aumento do transporte de umidade para o continente (Bezerra; Cavalcanti, 2008; Reboita et al., 2010; Marengo et al., 2011). Essa circulação penetra na bacia do Rio Amazonas, liberando grande quantidade de calor latente e gerando intensa precipitação no Norte e Nordeste do Brasil (Reboita et al., 2016).

Correlações significativas da influência das anomalias de TSM sobre o volume de água nos reservatórios foram estudadas por meio de análise de regressão linear simples. Foram encontradas equações que podem servir como modelos matemáticos para prever ou avaliar o volume de água, anualmente, acumulada por esses reservatórios (Tabela 3).

**Tabela 3.** Equação de regressão linear para estimar o volume dos reservatórios de acordo com os valores das anomalias de TSM.

Equação de regressão	r	p
Volume Barreiras = $11,24 + 10,82 \cdot \text{TNAI}$	0,36	<0,05
Volume Várzea do Boi = $7,92 + 32,14 \cdot \text{TNAI}$	0,54	<0,05
Volume Orós = $1076,1 + 465,3 \cdot \text{TNAI}$	0,32	<0,05
Volume Mãe Água = $952,3 + 211 \cdot \text{TNAI}$	0,30	<0,05
Volume Mãe Água = $1037 + 108,2 \cdot \text{Niño 4}$	0,32	<0,05
Volume Sumé = $13,67 + 17,31 \cdot \text{TNAI}$	0,40	<0,05
Volume Boqueirão = $214,17 + 146,22 \cdot \text{TNAI}$	0,41	<0,05
Volume Poço da Cruz = $150,6 + 211,6 \cdot \text{TNAI}$	0,41	<0,05
Volume Entremontes = $63,92 + 96,78 \cdot \text{TSAI}$	0,37	<0,05
Volume Cachoeira = $10,9 + 7,48 \cdot \text{TSAI}$	0,34	<0,05
Volume Rosário = $13,86 + 12,6 \cdot \text{TSAI}$	0,37	<0,05
Volume Riacho do Paulo = $14,66 - 8,83 \cdot \text{TSAI}$	-0,37	<0,05
Volume Pentecoste = $220,24 + 53,26 \cdot \text{Niño 3.4}$	0,37	<0,05
Volume Pentecoste = $223,7 + 59,5 \cdot \text{Niño 4}$	0,44	<0,05
Volume Pentecoste = $219,6 + 78,44 \cdot \text{Niño 3}$	0,49	<0,05
Volume Castanhão = $3765 - 1021 \cdot \text{Niño 4}$	-0,37	<0,05

## Parâmetros climáticos regionais

O volume de água acumulada nos reservatórios está sendo influenciado não só pelas variações dos eventos globais, mas também pelos fenômenos regionais (Souza; Azevedo, 2012). Para avaliar melhor essa afirmação, foram realizadas análises estatísticas, como correlação simples de Pearson, para avaliar a correlação entre os parâmetros climáticos regionais (precipitação e evaporação, total mensal) e o volume de água acumulada nos reservatórios do interior do Nordeste do Brasil (Tabela 4).

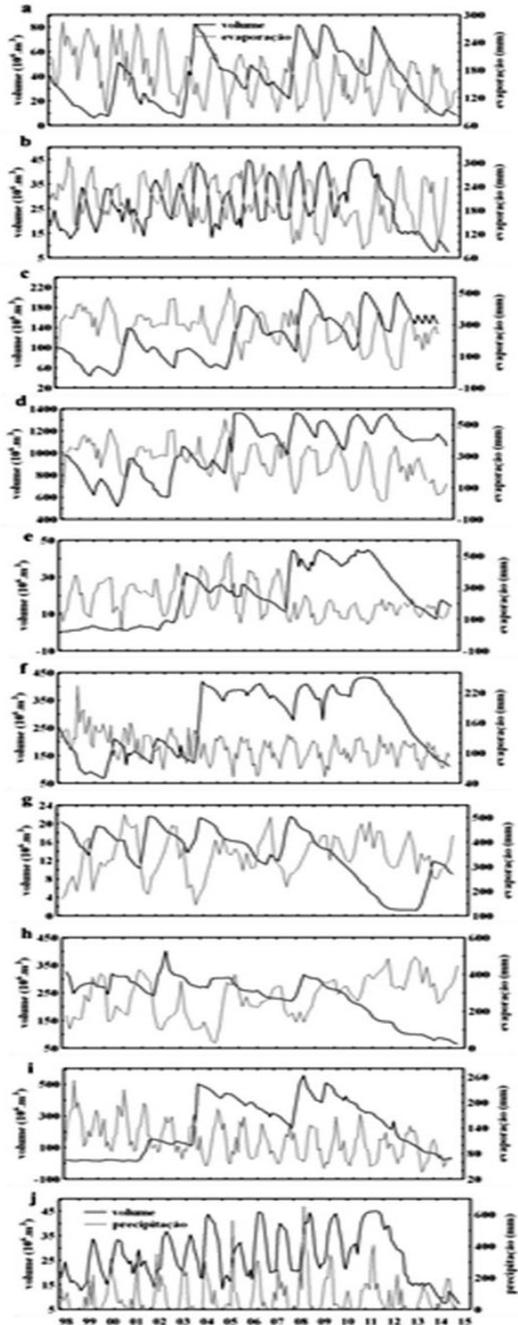
**Tabela 4.** Coeficiente de correlação de Pearson entre precipitação e evaporação, total mensal, e o volume de água acumulada nos reservatórios nos anos de 1998 a 2015.

Reservatório	Evaporação de Piche (mm)	Precipitação Total (mm)
Caldeirão	-0,24	0,17
Barreiras	0,03	0,06
Bonfim	-0,15	0,18
Salinas	0,08	0,08
Bocaina	-0,16	-0,06
Pentecoste	-0,18	0,15
Araras	-0,16	0,20
Várzea do Boi	0,02	0,06
Orós	-0,22	0,00
Castanhão	0,08	0,01
Mendobim	0,07	0,13
Trairi	-0,22	0,19
Marechal Dutra	-0,11	0,09
Itans	<b>-0,34*</b>	0,17
Sabuji	-0,16	0,20
São Gonçalo	<b>-0,50*</b>	<b>0,31*</b>
Engenheiro Ávidos	<b>-0,56*</b>	0,10
Mãe Água	<b>-0,50*</b>	0,12
Sumé	<b>-0,33*</b>	0,14
Boqueirão	<b>-0,40*</b>	0,12
Entremontes	-0,18	0,17
Cachoeira	<b>-0,33*</b>	0,00
Serrinha	<b>-0,56*</b>	0,18
Rosário	-0,15	0,20
Poço da Cruz	<b>-0,31*</b>	0,08
Riacho do Paulo	0,03	0,06

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

Foram encontradas dez correlações significativas, mostrando que a evaporação apresentou maior número de correlações, com coeficiente maior, em comparação à precipitação, resultando no acúmulo de água nos reservatórios. Esses reservatórios passaram, durante boa parte do período seco, por perdas significativas de volume de água por evaporação superficial (Figura 7). O aumento da dissipação do calor para atmosfera fez com que ocorresse uma diminuição significativa do volume de água acumulada (Pereira et al., 2009; Bezerra; Bezerra, 2016). As perdas de água podem ser estimadas por meio de cálculos matemáticos, pelo uso das equações de regressão (Tabela 5).

**Figura 7.** Influência histórica da evaporação e precipitação mensal sobre o volume de água acumulada nos reservatórios: a - Itans, RN; b - São Gonçalo, PB; c - Eng. Ávidos, PB; d - Mãe Água, PB; e - Sumé, PB; f - Boqueirão, PB; g - Cachoeira, PE; h - Serriinha, PE; i - Poço da Cruz, PE; j - São Gonçalo, PB



**Tabela 5.** Análise de regressão linear simples entre o volume dos reservatórios e parâmetros regionais (precipitação ou evaporação).

Equação de regressão	r	p
Volume Itans = 62,05 – 0,14 * evaporação	-0,34	<0,05
Volume São Gonçalo = 45,23 – 0,09 *evaporação	-0,49	<0,05
Volume São Gonçalo = 24,39 + 0,02 *precipitação	0,28	<0,05
Volume Eng. Ávidos = 192,91 – 0,25 *evaporação	-0,56	<0,05
Volume Mãe Água = 1321 – 1,05 *evaporação	-0,5	<0,05
Volume Sumé = 30,35 – 0,047 *evaporação	-0,33	<0,05
Volume Boqueirão = 466,06 – 1,74 *evaporação	-0,39	<0,05
Volume Cachoeira = 21,46 – 0,02 *evaporação	-0,33	<0,05
Volume Serrinha = 346,58 – 0,39 *evaporação	-0,55	<0,05
Volume Poço da Cruz = 372,11 – 1,28 *evaporação	-0,31	<0,05

Quanto aos valores encontrados, os que apresentaram os melhores índices de correlação foram os reservatórios de Engenheiro Ávidos e Serrinha, com as estações de Patos e Cabrobó, na Paraíba e em Pernambuco, respectivamente (Tabela 4). O estado da Paraíba apresentou deficit hídrico em relação à estação de São Gonçalo, o que gerou a perda de grande volume de água. Menezes et al. (2008) registraram que os veranicos, ou seja, períodos secos em plena época chuvosa, na mesorregião do alto sertão, são influenciados pelo VCAN, gerando deficit hídrico na região do reservatório de São Gonçalo, Paraíba.

Os estados do Piauí, do Ceará e da Bahia apresentaram correlações estatísticas moderadas e fracas com os parâmetros regionais, talvez pela maior influência dos eventos globais na regulação da distribuição de água dos reservatórios, corroborando os resultados de Ferreira e Kemes

(2017b). Santos e Ramos (2017), entretanto, classificaram o norte do Piauí como uma região de baixo relevo, que vem favorecendo a ocorrência dos eventos de grande escala como a ZCIT e os VCAN. Em Pernambuco, foi constatada intensa diminuição do volume dos reservatórios Cachoeira, Serrinha e Poço da Cruz. Moura et al. (2007) avaliaram a estação de Petrolina, próxima ao reservatório Cachoeira, e encontraram elevadas taxas anuais de evaporação, entre 2.500 mm e 3.000 mm, contribuindo para esse intenso déficit hídrico. No Rio Grande do Norte, o reservatório Itans sofreu diminuição do volume de água acumulada, influenciada pela evaporação local, gerando o incremento significativo da concentração de sais no reservatório (Silva et al., 2011). As estações da Paraíba sofreram fortes influências do aumento da evaporação, com correlações indiretamente proporcionais com os reservatórios de Sumé, São Gonçalo, Eng. Ávidos, Mãe Água e Boqueirão. Azevedo et al. (2016) encontraram elevada concentração de fósforo e nitrogênio dissolvidos na água, resultante da intensa evaporação no reservatório Sumé. Já o volume do Caldeirão, Barreiras, Bonfim, Salinas, Bocaina, Pentecoste, Araras, Várzea do Boi, Orós, Castanhão, Mendobim, Trairi, Marechal Dutra, Sabuji, Entremontes, Rosário e Riacho do Paulo, localizados nos estados do Piauí, do Ceará e da Bahia, não receberam influência significativa dos parâmetros regionais, divergindo dos resultados encontrados por Costa e Campos (2003?). Os reservatórios dos estados da Paraíba e de Pernambuco, em Mãe Água, Sumé, Boqueirão, Cachoeira e Poço da Cruz, tiveram a influência tanto dos parâmetros globais quanto regionais, que, de acordo com Araújo e Brito (2011), potencializam os efeitos climáticos continentais. O período de 2012 a 2015 foi marcado por forte redução do volume de água da maioria dos reservatórios estudados, justificada pela diminuição do regime pluviométrico na região (Figura 8). O resultado corroborou os de Bezerra e Bezerra (2016), que avaliaram 463 reservatórios no Nordeste Setentrional, entre os quais, São Gonçalo e Engenheiro Ávidos, Paraíba.



## Referências

- ANDRADE, C. M.; MARQUES, L. S. Semiárido brasileiro: alguns desafios. **Diversitas Journal**, v. 2, n. 2, p. 279-288, 2017.
- ARAUJO, 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.
- 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, Cruz das Almas. **Qualidade Ambiental: integrando água, saneamento, energias, alimento, saúde e sociedade: anais**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo Baiano, 2016. 7 p. Disponível em: <http://cobesa.com.br/2016/download/cobesa-2016/IVCOBESA-151.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- 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 de Geociências do Nordeste**, v. 2, nesp., p. 623-632, out. 2016. Edição dos anais do III Simpósio de Geografia Física do Nordeste, Caicó, RN, 2016.
- CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. **Tempo e clima no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2016. p. 464- 470.
- 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, 15., 2003, Curitiba. **Desafios à gestão da água no limiar do século XXI: anais**. São Paulo: ABRH, [2003?]. 17 p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/277813920\\_Participacao\\_dos\\_Usuarios\\_na\\_Alocacao\\_da\\_Agua\\_dos\\_reservatorios\\_no\\_Ceara\\_os\\_casos\\_do\\_Jaguaribe\\_e\\_Banabuiu\\_em\\_2012](https://www.researchgate.net/publication/277813920_Participacao_dos_Usuarios_na_Alocacao_da_Agua_dos_reservatorios_no_Ceara_os_casos_do_Jaguaribe_e_Banabuiu_em_2012). Acesso em: 20 jul. 2019.
- 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. 4, p. 1002-1013, 2017.
- DOURADO, C. S.; OLIVEIRA, S. R. M.; AVILA, A. M. H. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no estado da Bahia. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 192-198, abr./jun. 2013.
- FERREIRA, L. G. C.; KEMENES, A. Impactos dos eventos extremos sobre os reservatórios do Nordeste. In: CONGRESSO BRASIL NORTE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1., 2017, Belém, PA. **Pesquisa, inovação, sustentabilidade e responsabilidade sócio-ambiental: anais**. Rio de Janeiro: ABES, 2017b. 4 p. Disponível em: <https://icongresso.itarget.com.br/tra/arquivos/esa.2/281.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2019.

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.; SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 5., 2017, Juazeiro-BA/Petrolina-PE. **Anais...** Petrolina: UNIVASF: Embrapa Semiárido, 2017a. p. 412-416.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. **Applied statistics for the behavioral sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin, 2003. 756 p.

KEMENES, A.; PEREIRA, L. A.; SANTOS, C. A. C. dos. Influência dos eventos climáticos extremos sobre hidrelétricas do Brasil. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. **Experiências e oportunidades para o desenvolvimento**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. 1CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 262).

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.

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

MARENGO, J. A.; ALVES, L.; BEZERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S. (Ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap. 13, p. 383-422.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. de; SANTOS, C. A. C. dos; SILVA, L. L. da. 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.

MORAES, N. M.; BARBOSA, M. P.; ARAÚJO, A. E. de. 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. de A.; ARAGAO, J. O. R. de.; MELO, J. S. P. de.; SILVA, A. P. N. da.; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. 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. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. DE; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 2, p. 37-59.

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. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 107-118, jan./abr. 2014.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendências 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.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D da; RAMOS, M. M. 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.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P da; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; ARMANDO, R. P.; FREITAS, C.; MARTINS, D.; MILLER, G. Causas da semiaridez do Sertão Nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, n. 19, p. 254-277, 2016.

SALGUEIRO, J. H. P. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; PINTO, E. J de A.; SILVA, B. B da; SOUZA, W. M de; OLIVEIRA, L. M. M de. 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**, v. 21, n. 4, p. 685-693, 2016.

SANTOS, C. A. C. dos; BRITO, J. I. B. de. 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. dos; BRITO, J. I. B. de; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. 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. dos; 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.

SANTOS, C. A. C. dos; RAMOS, A. R. D. Avaliação dos eventos extremos de precipitação no estado do Piauí. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 47-57, 2017.

SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B de A.; GIONGO, P. R.; MEDEIROS, S. R. R. 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, E. R. L. D. G.; SILVA, M. E. S. Memória de eventos enos na precipitação da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 30, p. 34-55, dez. 2015.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1973. p. 573-1973.

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. 5, n. 1, p. 143-159, 2012.

TRENBERTH, K. **The climate data guide**: nino SST indices (nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI). Boulder: National Center for Atmospheric Research, 2016. p. 1697-1701.

VALE, R. S. do; GOMES, A. C. dos S.; SANTANA, R. A. S. de; TOTA, J.; MILLER, S. D.; SOUSA, R. A. F. de. Hydroclimatic variables associated with El Niño and La Nina events at the Curuá-Una hydroelectric reservoir, Central Amazonia. **Acta Amazônica**, v. 46, n. 3, p. 303-308, jul./set. 2016.

**Embrapa**

---

**Meio-Norte**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



**PÁTRIA AMADA**  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

CGPE 15776