Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA APLICADO AO ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES NO ESTADO DO PARANÁ

NERY, Jonas Teixeira - jonas@ourinhos.unesp.br
Universidade Estadual Paulista / UNESP - Ourinhos

SIQUEIRA, Beatriz - beatriz.siqueira09@hotmail.com
Universidade Estadual de Campinas / UNICAMP

Submetido em: 28/03/2019
Aceito para publicação em: 05/11/2020
Publicado em: 05/11/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.65691

RESUMO: Nesse trabalho séries climatológicas do estado do Paraná foram analisadas através de 37 postos pluviométricos entre 1970 e 2015. Os dados foram submetidos a analisados do modelo climatol, apresentando-se tal "ferramenta" como efetiva para consistência dos dados analisados. O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi utilizado para a análise, assim como os cálculos de anomalias na área de estudo. Os resultados mostraram que as anomalias analisadas foram majoritariamente positivas, destacando-se os eventos 1982/83, 1997/98 e 2015. Para os eventos El Niño e La Niña, foi possível observar que o IAC apresentou valores negativos nas maiorias dos cálculos. Foi observado também que os cálculos do IAC apresentaram valores fortemente associados com os eventos analisados, ou seja, marcados períodos chuvosos, ainda que apresentando variabilidade de um evento para outro.

PALAVRAS-CHAVE: índice, variabilidade, homogeneidade, precipitação.

RAIN ANOMALY INDEX APPLIED TO THE STUDY OF PRECIPITATIONS IN THE PARANA STATE

ABSTRACT: In this work, climatological series of the state of Paraná were analyzed through 37 pluviometric stations between 1970 and 2015. The data were submitted to analyzes of the climatol model, presenting such "tool" as effective for the consistency of the analyzed data. The Rain Anomaly Index (IAC) was used for the analysis, as well as the anomaly calculations in the study area. The results showed that the anomalies analyzed were mostly positive, highlighting the events 1982/83, 1997/98 and 2015. For the events El Niño and La Niña, it was possible to observe that the IAC presented negative values in most of the calculations. It was also observed that the IAC calculations presented values strongly associated with the analyzed events, that is, marked rainy periods, although presenting variability from one event to another.

KEYWORDS: index, variability, homogeneity test, precipitation.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas de maior importância para a sociedade, por influenciar diretamente as atividades humanas, em que o seu excesso (enchentes) ou escassez (secas) ocasionam danos socioeconômicos e ambientais significativos (DINIZ, 2013). Trata-se de um elemento meteorológico que apresenta uma marcada variação no tempo e no espaço, sendo influenciado diretamente pela localização geográfica, pelo relevo e também pelas demais variáveis meteorológicas. Todas essas relações são influenciadas pela precipitação pluviométrica, que remetem a importância de estudos que fundamentam as tomadas de decisões, especialmente no planejamento agrícola de uma localidade.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A análise da variabilidade da chuva em diferentes escalas espaciais e temporais é muito importante para a sociedade como um todo, pois a precipitação pluvial é um componente fundamental do sistema climático. Em um estado onde a produção agrícola e a necessidade de pastagens para a produção de carne e leite bovina é fundamental na sua economia, a caracterização da chuva representa um papel relevante no comportamento dos sistemas agroecológicos da região analisada.

Uma das limitações de muitos países e regiões para aprofundar essas análises pluviométricas é a disponibilidade dos dados climáticos de qualidade na forma de séries de tempo de longa duração, com uma distribuição espacial que permita analizar simultaneamente o problema da variabilidade temporal e espacial para toda uma região.

O estado do Paraná está inserido na região Sul do Brasil. Localizado ao norte dessa região e abaixo do trópico de Capricórnio (corta o seu extremo norte), sendo uma região subtropical influenciada por dinâmicas climáticas diversificadas e sofrendo a influência de eventos *El Niño* – Oscilação Sul (ENOS). O estado está incluído entre os que se sobressaem na produção agrícola brasileira. Considerando que a sua economia depende dessa produção, deve-se salientar a importância da precipitação pluviométrica como reguladora da produção agrícola do Paraná.

Esse estado caracteriza-se, do ponto de vista climático, como uma região de transição entre os climas tropical e subtropical. Durante o inverno, as passagens de frentes frias resultam mais intensas, podendo alcançar latitudes muito baixas. As massas polares que produzem esses sistemas frontais geram marcados resfriamentos (especialmente entre maio e outubro) que resultam em baixa temperatura, o que prejudica a produção agrícola (BRYNSZTEIN e NERY, 1994).

A passagem das frentes frias é frequente nesse estado, provocando declinio de temperatura durante os meses de maio a agosto, podendo ocorrer geada tardia, em setembro. No inverno, a maritimidade evita o frio excessivo na parte leste do estado. Por isso temperaturas negativas são muito mais comuns no lado ocidental do estado, até mesmo em municípios de baixa altitude como Foz do Iguaçu. Pequenas nevadas ocorrem uma ou outra vez. As menores temperaturas do estado costumam ocorrer no interior do município de Palmas, que além de ser o ponto mais ao sul do Estado (26°S), é uma das áreas mais elevadas também (entre 1.200 m e 1.400 m), Nery (1996b).

O impacto do *El Niño* sobre as chuvas no Paraná é maior na primavera do ano em que o *El Niño* se inicia, havendo na região sul/sudoeste do Estado, tendência a excesso de chuvas no outono-inverno de ano seguinte, época em que chove mais no litoral e no sudoeste do Estado (GRIMM *et al.* 1997). Nessa época tanto os desvios de chuva quanto a probabilidade de que chova mais são maiores no oeste e centro/sudeste do Estado, onde a probabilidade chega a 90 % e os desvios chegam a 40 % da chuva média (GRIMM *et al.* 1997).

Ainda pode ser destacada a influência de outros fenômenos globais igualmente relacionados à TSM, tais como *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS): *El Niño* (aquecimento das águas do oceano Pacífico Equatorial); *La Niña* (resfriamento das águas do oceano Pacífico), de acordo com Ferreira e Mello (2005).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Desse modo, para anos em que se tem o *El Niño*, dependendo da intensidade, segundo Ferreira e Mello (2005), tem-se uma tendência a anos considerados chuvosos e muito chuvoso. Os autores acrescentam ainda que episódios de *La Niña*, influencia na pluviometria abaixo da média na área de estudo, ocasionando anos considerados normais, secos ou muito secos no estado.

Com base nessa precipitação irregular, faz-se necessário o monitoramento por meio do emprego de modelos matemáticos e índices climáticos e, com base neles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos e chuvosos, com informações anuais, sazonais ou mensais, com as quais se podem conhecer a climatologia de uma região e verificar os impactos da regionalização da precipitação para determinado local (DA SILVA *et al.* 2009, ALVES e ARAÚJO, 2015).

Os reflexos dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* no rendimento de grãos das culturas agrícolas são proeminentes quando o sinal dos fenômenos é forte. Nestas condições, ocorre a intensificação da variabilidade dos elementos meteorológicos e o impacto sobre o potencial produtivo das culturas sobressai. Vários estudos têm mostrado essa relação e conseguiram mapear as principais respostas, como também identificaram as principais causas associadas, em diversos locais do País (FONTANA e BERLATO, 1997; ALVES *et al.* 1998; SILVA *et al.* 1999; ALBERTO *et al.* 2006; CARVALHO *et al.* 2013). No sul do Brasil, normalmente, anos de forte influência de *El Niño* influenciam o rendimento de grãos de canola no Brasil, que possui alta produtividade para as culturas de verão, especialmente soja (BERLATO e FONTANA, 1999) e milho (BERLATO *et al.* 2005).

Uma das formas de se estudar a precipitação pluviométrica é por meio do Índice de Anomalias de Chuva (IAC), que ajuda a monitorar anos de seca e chuva excessiva. Esse índice permite realizar comparações do regime pluviométrico de determinado local a partir de uma série de dados históricos com as condições atuais de chuva e também é utilizado para a caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação na região de estudo (ARAÚJO *et al.* 2007; MARCUZZO *et al.* 2011; SANCHES *et al.* 2014). Outra vantagem do IAC é que, diferentemente de outros índices, ele necessita apenas de dados de precipitação e é de fácil estimativa. Sendo uma informação que contribui para estudos de verificação dos impactos do clima global sobre a vulnerabilidade da distribuição pluviométrica no planeta (ARAÚJO *et al.* 2009).

Esse índice foi desenvolvido inicialmente por Rooy (1965) e é aplicado para classificar as severidades positivas e negativas nas anomalias das chuvas. Muitos pesquisadores utilizaram esse índice. Freitas (1998) utilizou o método para áreas inseridas no estado do Ceará, verificando a relação da precipitação atual com valores da média histórica para três postos pluviométricos, destacando que o método serve para a análise da distribuição e da intensidade dos eventos de precipitação, principalmente para as ocorrências de secas.

O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade da chuva através, principalmente, do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e cálculos de anomalias no estado do Paraná.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram selecionados no *site* da Agência Nacional de Água (ANA), as séries pluviométricas utilizadas nesse trabalho. Procurou-se observar a distribuição temporal com dados mais recentes, respeitando também a distribuição espacial. Pode-se observar na Figura 1 e Tabela 1, o conjunto de dados que foram selecionados (37 séries pluviométricas), dentro do período 1970 a 2015. Com base nessas séries procurou-se realizar o estudo da chuva no estado, utilizando para isso subrotinas de análises da qualidade de dados, que possibilitaram homogeneizá-los e preencher possíveis falhas dessas séries.

Erros são inerentes em todas medidas e na Meteorologia não é excessão. Assim, a preocupação em detectar e corrigir esses erros e a falta de homogeneidades nas séries climatológicas é tão antiga quanto a Climatologia em si mesma, segundo Guijarro (2004).

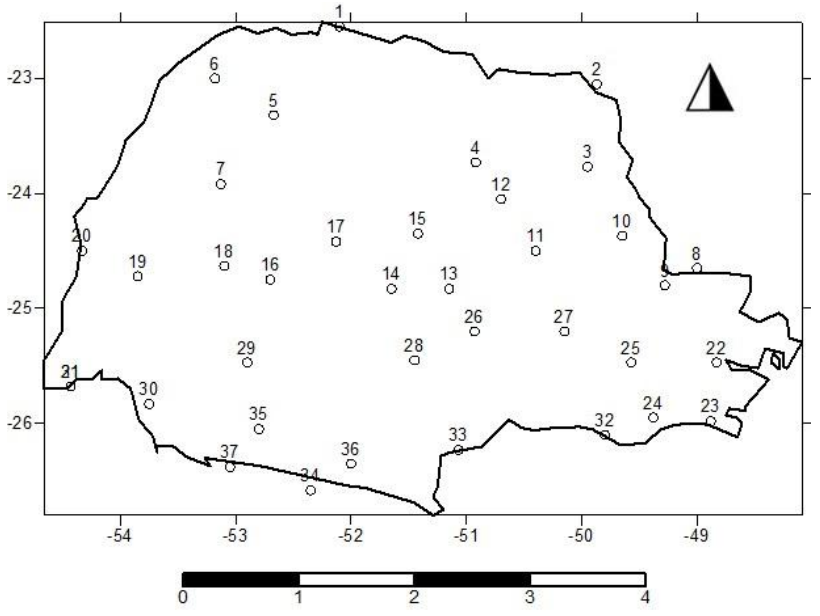

Figura 1 – Base incial de dados utilizados para esse estudo e sua localização.

Tabela 1 – Informações das séries pluviométricas utilizadas nesse trabalho.

N	Código	Nome	Lat.	Long.	Alt. (m)
1	2252010	Vila Silva Jardim	22°49’59’’	52°06’00’	250
2	2349030	Joaquim Távora	23°30’00’	49°52’00’	512
3	2349033	Tomazina	23°46’00’	49°57’00’	483
4	2350015	Usina Apucaraninha	23°43’59’	50°55’00’’	450
5	2352000	P. Paraíso do Norte	23°19’27’’	52°40’01’	250
6	2353001	Santa Isabel do Ivaí	23°00’24’’	53°11’20’’	400
7	2353002	Balsa Do Goio-Ere	23°55’00’’	53°07’59’’	320
8	2449000	Capela da Ribeira	24°39’00’	49°00’00’’	180
9	2449006	Balsa do Cerro Azul	24°48’00’	49°17’00’’	270
10	2449008	Cerro Azul	24°49’00’’	49°16’00’’	320
11	2450002	Tibagi	24°30’39’’	50°24’00’’	720
12	2450006	Usina Mauá	24°03’00’’	50°42’00’’	550
13	2451003	Tereza Cristina	24°50’00’’	51°09’00’’	550
14	2451014	Ivaiporã	24°15’00’’	51°39’00’’	360
15	2451017	Porto Espanhol	24°21’00’	51°25’00’’	600

16	2452000	Balsa do Cantu	24°44'56''	52°42'07''	360
17	2452008	Iretama	24°25'00''	52 °06'00''	584
18	2453013	Salto Sapucaí	24°38'00''	53°06'00''	730
19	2453017	Nova Concordia	24°43'00''	53°51'00''	500
20	2454000	P. Mendes Gonçalves	24°29'00''	54°30'00''	225
21	2554003	Tamanduá Grande	25°35'00''	54°35'00''	140
22	2548000	Morretes	25°28'00''	48°50'00''	8
23	2548020	P. B. do Araraquara	25°59'00''	48°53'00''	150
24	2549003	Rio da V. dos Lima	25°57'00''	49°23'00''	810
25	2549019	Itaqui	25°28'00''	49°34'00''	901
26	2550000	Rio dos Patos	25°12'00''	50°56'00''	690
27	2550003	Santa Cruz	25°08'00''	50°09'00''	790
28	2551000	Guarapuava	25°27'00''	51°27'00''	950
29	2552000	Queda do Iguaçu	25°26'54''	52°54'16''	550
30	2553005	Pérola do Oeste	25°50'00''	53°45'00'	400
31	2554002	Salto Cataratas	25°40'59''	54°25'00''	152
32	2649021	Rio Negro	26°06'00''	49°48'00'	824
33	2651000	União da Vitória	26°13'41''	51°04'49''	736
34	2652000	Aberlado Luz	26°33'22''	52°19'51''	760
35	2652009	Ponte do Vitorino	26°03'02''	52°48'03''	550
36	2652010	Palmas	26°29'00''	52°00'00''	1.060
37	2653001	Campo Ere	26°26'48''	53°04'49''	920

Qualquer estudo climatológico que use séries de observações deve utilizar a homogeneização para preencher os dados faltantes e detectar comportamentos anômalos produzidos por falhas humanas ou por problemas eventuais nos instrumentos de medidas. Neste trabalho foi utilizado um conjunto de funções com tal objetivo, tendo por base o *software* livre, denominado R (pacote estatístico de fácil instalação em um computador pessoal). Este *software* é uma multiplataforma, que funciona com diferentes sistemas operativos (GN-Linux, Solaris, Windows, por exemplo), permitindo ao usuário uma ampla gama de aplicações estatísticas e gráficas, por exemplo, no desenvolvimento de trabalhos científicos. Seu código é aberto (licença GPL) sendo fácil adaptá-lo a preferência de cada usuário, R development core team, 2013.

O climatol, subrotina utilizada (GUIJARRO, 2004) enfoca o tratamento de séries mensais e neste trabalho teve a função de comparar cada uma das séries pluviométricas a uma série de referência construída pela subrotina a partir das demais séries selecionadas para cada análise, baseada na proximidade, levando-se em consideração, por exemplo, a distância que cada série se encontrava uma da outra, bem como a altitude. Deve-se ressaltar que é possível utilizar tanto o critério de correlação linear quanto de distâncias entre as séries. Nesse trabalho foi utilizado da distância métrica entre as séries pluviométricas, como base para essa análise.

O programa R é um *software livre*, podendo ser utilizado, copiado, distribuído, alterado e melhorado de forma livre e legal. Pode ser utilizado tanto no ambiente Windows, quanto no ambiente Linux/Unix, entre outros. Esse programa divide-se entre a instalação básica e pacotes (*packages*). Na instalação básica, você encontrará os principais comandos necessários para efetuar suas análises estatísticas e matemáticas. Ainda, na instalação básica, são disponibilizados alguns pacotes adicionais, como, por exemplo, o climatol, utilizado neste trabalho (IHAKA e GENTLEMAN, 1996).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Inicialmente foram normalizadas todas as séries mensais de chuva, através das diferenças das médias e depois se efetuou o cálculo das séries de referência, como média ponderada dos dados normalizados a partir das demais séries. O fator de ponderação escolhido foi:

$$\frac{1}{(1+\frac{d^2}{a})} \quad (1)$$

Sendo d a função inversa da distância e a parâmetro que permite modular o peso que vai ter cada estação próxima em relação a mais afastada.

Para estudar a homogeneidade das séries existem diferentes testes de homogeneidade. Nesse trabalho utilizou-se o teste *Standard Normal Homogeneity* (SNHT) de Alexandersson, (1986).

Esses dados foram consistidos, primeiramente com base no *software* livre R, com subrotina climatol. Após a homogeneização dos dados foram realizadas diversas análises estatísticas, tais como média climatológica, desvio padrão e análise da variabilidade de chuva, para cada ano, bem como dias de chuva em cada ano.

As isolinhas foram traçadas utilizando-se o *software* Surfer 8, com interpolação pelo método de Krige, com modelo gaussiano. Deve-se ressaltar que o Surfer, por *default*, utiliza o modelo linear, que nem sempre é o modelo adequado para traçar isolinhas, principalemte da variável precipitação pluvial, objeto desse estudo.

Também se calculou o ìndice de Anomalia de Chuva (IAC), de acordo com a expressão:

$$IAC = 3\left[\frac{(N-\overline{N})}{(\overline{M}-\overline{N})}\right] \quad \text{Anomalias positivas} \quad (2)$$

$$IAC = -3\left[\frac{(N-\overline{N})}{(\overline{X}-\overline{N})}\right] \quad \text{Anomalias negativas} \quad (3)$$

N = precipitação observada (mm); $\overline{N}$ = precipitação média (mm); $\overline{M}$= representa a média dos dez valores mais altos da série e $\overline{X}$= representa a média dos dez valores mais baixos da série.

O IAC foi desenvolvido e utilizado primeiramente por Rooy (1965) e adaptado para o nordeste do Brasil por Freitas (2005).

O IAC apresenta uma classificação que também será utilizada neste trabalho:

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 2 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

IAC	Classificação
≥ 4	Extremamente Chuvoso
2 a 4	Muito chuvoso
0 a 2	Chuvoso
0 a -2	Seco
-2 a -4	Muito seco
≤ - 4,00	Extremamente seco

Fonte: Freitas (1998), adaptado por Araújo *et al.* (2009).

Também foram realizados cálculos de anomalias, conforme expressão a seguir:

$$anom = (X_i - \overline{X}) \qquad 4$$

Onde X_i são os dados anuais das séries pluviométricas utilizadas nesse trabalho, $\overline{X}$ é o valor médio para os períodos das séries pluviométricas.

Foi utilizado a tabela a seguir (Tabela 3) para selecionar alguns anos de eventos *El Niño* e *La Niña*. Com base nesses eventos foram selecionar alguns anos de ocorrência de ENOS e traçados anomalias para esses anos selecionados.

Para o cálculo dos anos de ocorrência do fenômeno ENOS foi utilizada a metodologia apresentada em Trenberth, 1997. Para tal cálculo foi considerado o período de um ano, entre agosto e julho do ano seguinte. Anos onde a intensidade do fenômeno foi considerada forte são aqueles em que a anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) foi superior a 1,5 °C em algum dos meses pertencentes à série, enquanto os episódios de intensidade moderada tiveram valores inferiores à 1,5 °C, mas superiores à 1,0 °C, por fim os episódios de intensidade fraca são aqueles com valores inferiores à 1,0 ^{o}C , mas superiores à 0,5 °C. Os dados de TSM são provenientes do conjunto de dados ERSST-v5 (Smith e Reynolds, 2003). As climatologias são obtidas a partir de uma média dos 30 anos anteriores para cada período de 10 anos, por exemplo, a primeira climatologia (1861-1890) é utilizada para o período de 1891 até 1900, enquanto a decima sétima e última climatologia (período de 1981-2010) é utilizada para o período atual (2011- presente).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 3 – Ocorrência de eventos El Niño e La Niña durante o período (1970-2015).

Ocorrência de El Niño	Ocorrência de La Niña
1972-1973**	1970-1971*
1976-1977*	1973-1974**
1979-1980*	1975-1976**
1982-1983***	1988-1989**
1986-1988**	1998-1999*
1987-1988***	1999-2000**
1991-1992***	2007-2008**
1992-1993*	2010-2011**
1997-1998***	2017-2018**
2002-2003**	
2006-2007**	
2009-2010**	
2015-2016***	

(*) Evento fraco, (**) evento moderado, (***) evento forte
Fonte: CPTEC/INPE (2005)

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foram realizadas consistência e homogeneização dos dados. A Figura 2 mostra os resultados dessas análises. Nas linhas pontilhadas é possível observar ajustes que foram realizados com base no climatol, resultando em novas séries climatológicas que se tornaram base para analisar a média mensal, desvio padrão, coeficiente de variação e cálculo de anomalias.

Os círculos na Figura 2 representam os locais onde esta série sofreu alterações, com base no método utillizado.

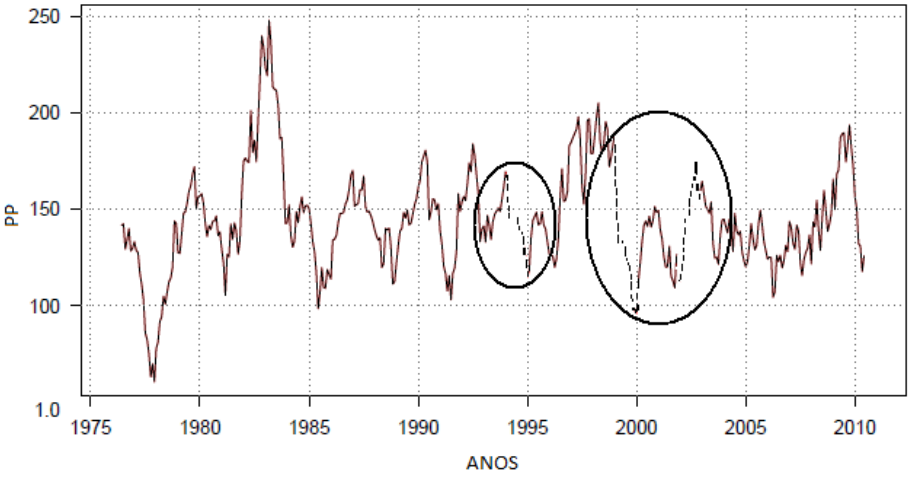

Figura 2 – Preenchimento de falhas, consistência e homogeneização da série pluviométrica 2452010.

Nas Figuras 3 e 4 tem-se as isolinhas da média climatológica e do desvio padrão, respectivamente.

Pode-se observar na Figura 3 que as chuvas foram maiores a oeste do estado, diminuindo seus valores pluviais para norte. Os valores pluviométricos oscilaram ente 1.400 mm e 2.000 mm, aproximadamente.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Já através do cálculo do desvio padrão, pode-se estimar a variabilidade pluvial, observando-se que onde choveu mais foi também maior essa variabilidade, assim como marcada variabilidade na porção leste da área de estudo (Figura 4).

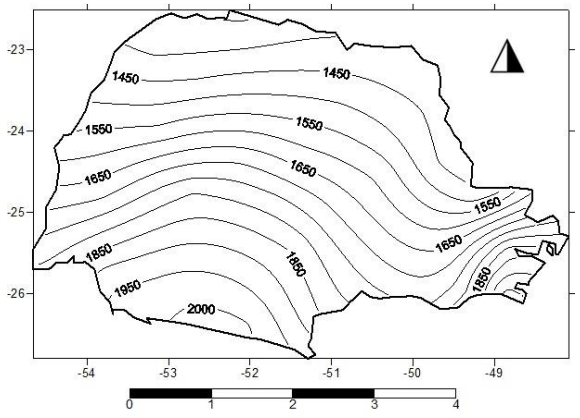

Figura 3 – Média climatológica da precipitação para o período analisado.

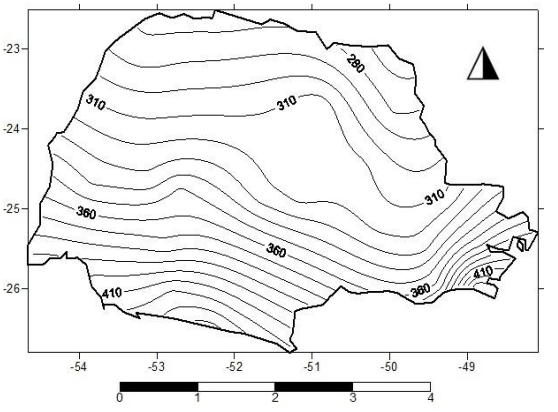

Figura 4 – Desvio padrão para o período (1970 -2015).

Pode-se observar no cálculo das anomalias (1972 - 1973), Figuras 5 e 6, marcada variabilidade pluviométrica de um ano para outro. Em 1972, ocorreram chuvas acima da média climatológica, observando-se anomalias positivas e superiores a 300 mm, a leste da área de estudo. Também pode-se observar que a oeste do estado ocorreram valores negativos de anomalias, ou seja, choveu abaixo da média climatológica. Esses anos (1972/73) foram considerados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) como anos de evento El Niño moderado.

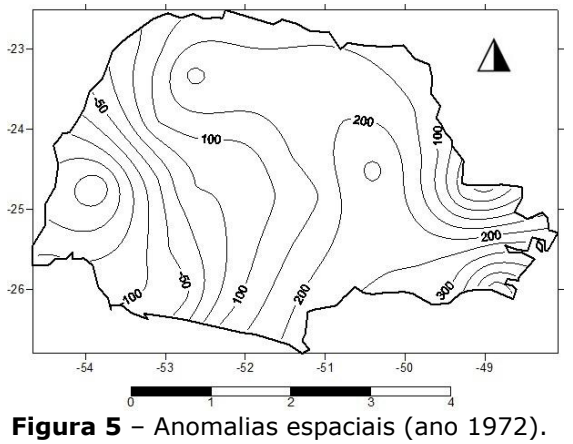

Figura 5 – Anomalias espaciais (ano 1972).

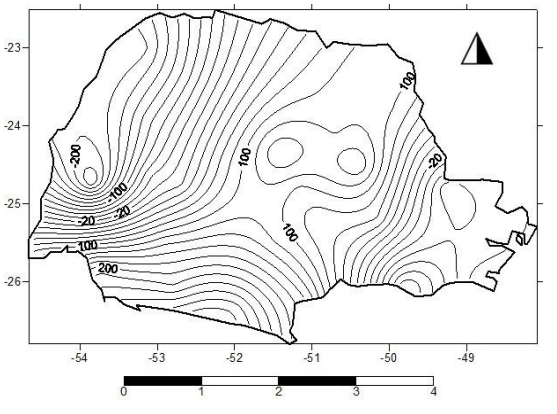

Figura 6 – Anomalias espaciais (ano 1973).

Nas Figuras 7 e 8 tem-se as isolinhas dos anos de ocorrência do evento El Niño 1982/83. Este evento foi um dos mais intensos em décadas e provocou prejuízos marcados tanto no sul do Brasil, com chuvas intensas e enchentes, além de desastres nos campos (produção agrícola e na pecuária). Já no nordeste brasileiro as secas foram muito acentuadas, trazendo prejuízos econômicos nessa região. Pode-se observar que as anomalias foram positivas,

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

tanto no ano de 1982 (Figura 7), quanto no ano 1983 (Figura 8). Ao sul do estado os valores das anomalias foram superiores a 400 mm, ou seja, choveu 400 mm acima da média climatológica para essa região. No ano seguinte foram ainda mais marcadas as anomalias, com valores acima de 1.200 mm também ao sul do estado do Paraná.

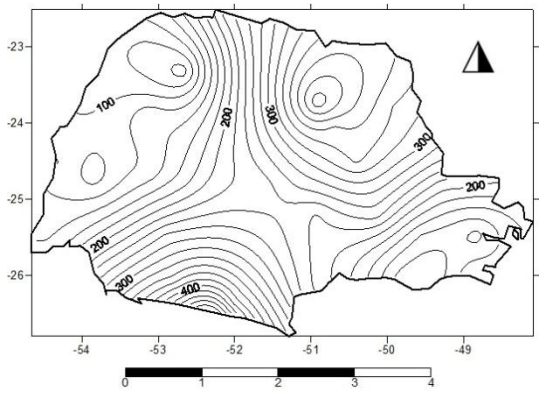

Figura 7 - Anomalias espaciais (ano 1982).

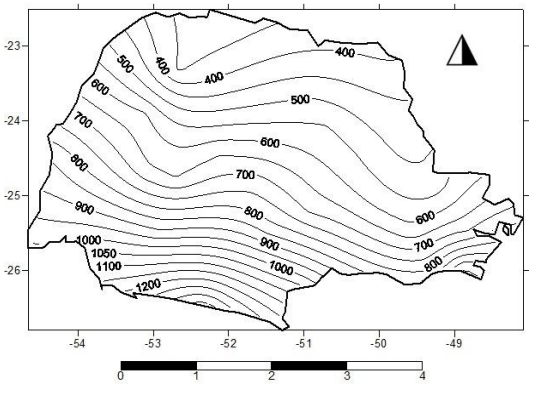

Figura 8 – Anomalias espaciais (ano 1983).

Embora na classificação dos eventos *El Niño* o CPTEC tenha denominado o *El Niño* 1991/92 como forte, pode-se observar que o ano 1991 apresentou anomalias negativas em todo o estado (Figura 9). Por outro lado, no ano 1992 as anomalias foram positivas em praticamente todo o estado, à exceção do leste da área de estudo, Figura 10.

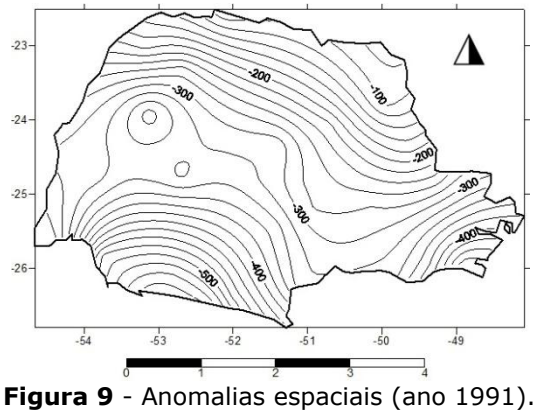

Figura 9 - Anomalias espaciais (ano 1991).

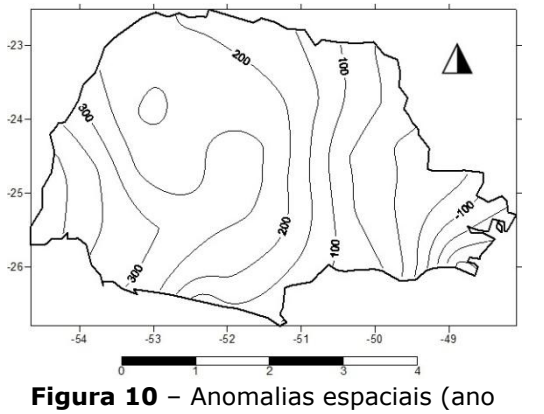

Figura 10 – Anomalias espaciais (ano 1992).

Os anos 1997 -1998 constituem-se em anos de marcada variabilidade interanual, com ENOS (fase positiva) intenso e, mais uma vez, o estado do Paraná apresentou chuvas excessivas (acima da média climatológica) nesse período de ocorrência de tal evento. Já na Figura 11 estão as anomalias calculadas para o ano 1997, onde é possível observar que as chuvas estiveram acima da média climatológica em todo o estado, mas foram mais marcadas em 1998, com valores superiores a 700 mm ao sul do estado (Figura 12).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

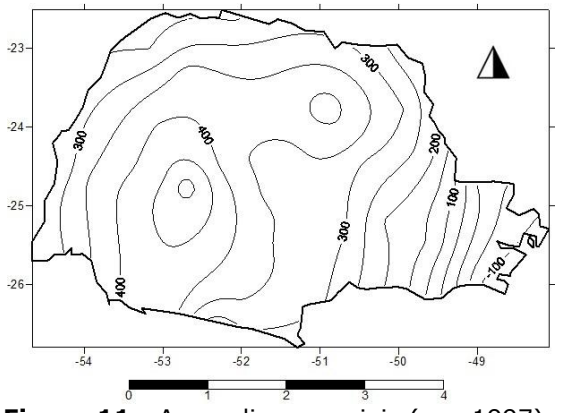

Figura 11 - Anomalias espaciais (ano 1997).

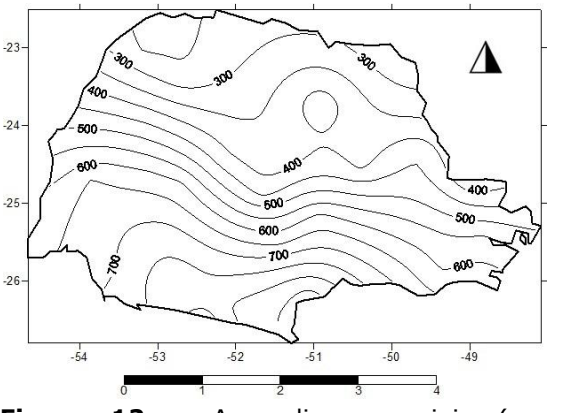

Figura 12 – Anomalias espaciais (ano 1998).

O ano 2015 apresentou uma particularidade em relação aos anos anteriores de ocorrência dos eventos El Niño, pois os maiores valores de anomalias estiveram presentes mais ao norte da área de estudo, com valor superior a 1.000 mm, enquanto ao sul os valores das anomalias estiveram em torno de 400 mm (Figura 13).

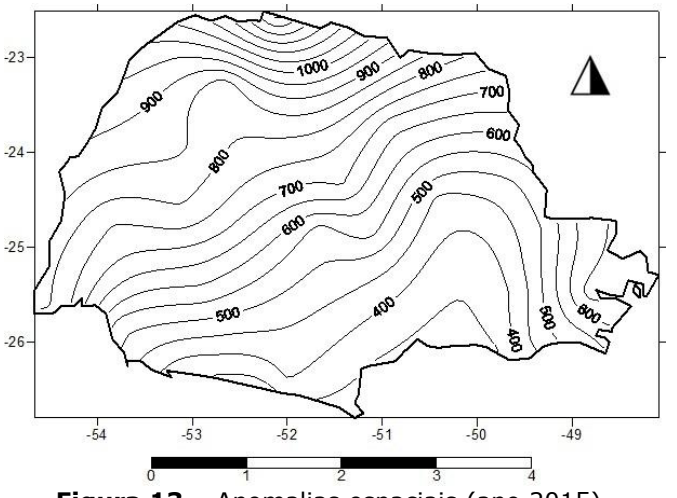

Figura 13 – Anomalias espaciais (ano 2015).

Na Tabela 4 e Tabela 5 pode-se observar os resultados obtidos do IAC para alguns eventos ENOS (El Niño e La Niña) classificados pelo CPTEC (Tabela 3). Os eventos 1982/83, 1997/98 e 2015/2016 apresentaram valores de IAC positivos e elevados na maioria das séries pluviométricas analisadas. De acordo com a Tabela 2 pode-se notar que quanto mais alto o valor de IAC mais chuvoso se apresenta o período. Desta forma o ano 2015 foi que apresentou maiores valores de IAC, seguido do ano 1983.

Desta forma observou-se marcada variabilidade da chuva na área de estudo, para anos de ocorrência de eventos El Niño e o IAC se mostrou um índice eficiente para analisar as chuvas no estado.

Também foram observados na Tabela 5 valores negativos para IAC, indicando que o índice apresentou, na sua maioria, anos secos ou

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

extremamente secos, de acordo com o que se esperava para o estado relativamente à ocorrência de eventos La Niña.

Tabela 4 – Cálculos de IAC para alguns anos de eventos El Niño. (----) sem informação para o ano 2016.

Código	**1972/73**	**1982/83**	**1986/87**	**1991/92**	**1997/98**	**2015/16**
2252010	0.14/-0.03	2.62/2.22	1.64/-0.28	0.41/1.69	0.97/2.70	5.94/2.25
2349030	0.86/2.28	3.53/3.13	2.85/-1.62	-0.42/-0.27	1.18/1.27	5.62/2.13
2349033	1.87/1.03	2.38/3.90	0.19/-1.23	0.47/0.87	3.59/2.39	4.07/0.69
2350015	1.42/0.44	4.47/3.04	1.70/1.15	-1.18/1.45	3.66/4.34	1.42/-0.66
2352000	4.05/-0.93	-2.17/-0.19	-3.85/-0.89	-2.88/1.71	4.10/0.70	6.41/0.36
2353001	-0.40/-3.11	0.44/4.47	-2.05/1.59	0.75/1.30	0.72/1.02	8.99/-----
2353002	2.28/-0.35	2.23/5.95	0.02/-0.77	-4.71/0.28	3.34/3.33	4.90/-----
2449000	-4.04/-0.34	2.46/5.53	0.13/0.80	-2.08/0.94	-2.12/-0.02	3.00/-----
2449006	-1.93/-2.53	1.15/2.54	1.33/-0.74	-1.24/0.26	2.49/4.03	3.30/1.61
2449008	1.99/-0.13	2.71/3.49	-0.52/-0.30	-0.75/-0.79	2.72/5.59	1.74/0.76
2450002	3.29/2.66	2.93/3.62	-0.03/-1.42	-2.10/-0.43	1.08/0.69	0.94/-1.23
2450006	1.03/0.16	1.36/4.04	0.79/-1.91	-2.30/2.28	3.04/2.31	5.51/0.23
2451002	-0.15/-0.38	2.30/5.44	-1.13/2.63	-2.04/1.23	2.62/4.12	1.14/-----
2451014	0.50/1.00	1.08/6.08	-1.27/-0.07	-2.67/2.42	1.89/1.32	7.31/0.94
2451017	1.39/2.84	1.84/4.23	-0.06/0.41	-3.52/2.33	1.41/1.13	5.28/2.54
2452000	1.29/-0.89	0.62/2.19	0.08/0.93	-0.99/0.51	5.07/3.84	3.78/-----
2452008	-2.10/0.69	1.70/5.24	1.59/0.26	-2.37/2.46	1.06/2.30	6.70/-----
2453013	-0.99/0.67	0.38/4.00	-4.02/-0.40	-2.02/0.75	1.70/4.90	4.48/-----
2453017	-4.28/-4.28	-0.31/4.36	1.39/-1.55	-1.10/2.68	2.89/4.74	4.96/-----
2454000	-1.17/-0.74	1.16/5.36	0.95/1.58	-3.01/2.67	0.64/2.84	6.37/-----
2454003	-0.24/1.38	0.22/5.36	1.68/1.93	0.37/3.00	1.01/3.65	6.46/-----
2548000	2.06/-0.53	-0.56/3.03	-1.40/-1.64	-2.90/-0.32	-0.45/4.21	2.39/2.18
2548020	3.66/0.31	1.15/5.18	0.40/-0.07	-2.77/-2.85	-1.47/2.52	2.24/-----
2549003	1.01/-1.01	0.22/4.38	-0.55/-2.29	-2.64/0.90	0.22/3.19	2.33/-----
2549019	2.15/-0.25	0.54/3.33	-1.11/-1.33	-2.77/0.02	2.42/4.67	3.55/-----
2550000	1.33/-0.33	0.55/3.90	-2.93/-1.58	-1.41/1.40	3.71/5.79	1.53/2.23
2550003	2.32/1.58	2.71/-3.90	-0.71/-0.51	-2.61/-0.60	0.03/4.03	3.39/2.54
2551000	0.99/0.34	1.59/4.27	-1.27/-0.59	-2.55/1.92	1.50/2.94	4.11/-0.54
2552000	0.37/1.28	2.19/5.19	1.05/1.12	-3.15/2.60	3.04/5.41	1.51/-----
2553005	-0.53/2.32	1.45/6.29	-0.42/1.25	-4.10/1.51	1.83/3.10	1.24/-----
2554002	-0.82/4.76	-0.40/4.28	0.71/0.32	-1.80/1.05	1.63/2.10	0.83/-0.63
2649021	1.06/-3.93	-0.26/5.56	-1.34/-1.06	-1.62/1.80	1.40/4.87	2.05/-----
2651000	1.62/1.48	0.78/6.47	-1.56/-1.22	-1.05/0.50	2.33/6.58	0.03/-----
2652000	1.31/2.07	4.60/7.82	0.13/-0.93	-4.14/-1.90	-1.12/1.57	1.83/-0.66
2652010	0.69/2.16	1.26/6.64	-1.75/-0.86	-2.22/2.19	2.87/5.52	0.93/-----
2653001	-0.89/1.81	2.02/6.58	0.55/-0.85	-4.07/2.16	4.204.00	2.38/2.47

Tabela 5 – Cálculos de IAC para alguns anos de eventos La Niña.

Código	**1973/74**	**1975/76**	**1988/89**	**1999/00**	**2007/08**	**2010/11**
2252010	-0.03/0.49	1.03/1.06	-2.95/2.46	-0.66/-0.66	-2.40/-2.64	0.88/-1.00
2349030	-0.14/0.39	-1.40/1.23	-2.95/2.37	-0.75/-0.74	-2.42/-2.67	0.78/-1.07
2349033	2.18/0.61	0.40/0.76	-1.69/2.15	-3.86/-1.09	1.92/0.38	-2.51/-3.10
2350015	0.44/-2.27	-1.47/1.36	-1.82/3.94	-1.44/0.30	-0.81/0.32	0.50/-2.25
2352000	-0.94/1.07	0.64/-2.07	-3.37/1.47	-2.96/1.19	-0.24/-2.62	1.33/1.13
2353001	-3.11/-2.21	-0.12/-1.25	-4.88/0.99	-1.39/1.39	-1.19/-0.61	0.79/1.52
2353002	-0.35/-0.06	1.76/-2.25	-4.61/2.12	-4.20/1.99	-1.40/-0.73	0.27/-0.72
2449000	-0.34/1.89	0.81/1.82	0.27/1.52	-0.23/2.93	0.72/0.22	3.12/0.66
2449006	-2.53/-3.01	-0.28/-0.28	-0.13/0.48	-2.00/1.13	1.90/1.59	2.84/0.94
2449008	-0.13/-3.89	0.28/-0.59	-0.02/0.21	-2.19/1.69	-0.05/1.07	0.78/-0.37
2450002	2.67/0.53	3.85/4.98	-2.77/-0.38	-4.91/-1.08	-1.14/-1.74	-1.55/-0.88
2450006	0.15/-0.80	-1.76/0.58	-2.17/2.18	-0.70/0.20	-0.64/-0.48	-0.29/1.52
2451002	-0.38/-1.41	-1.07/-0.70	1.30/2.91	-2.58/0.61	-2.15/-1.78	-0.19/1.70
2451014	0.96/-0.11	-0.01/1.50	-3.35/-0.08	-2.77/-1.60	-2.32/-2.20	-1.66/-0.79
2451017	2.84/3.21	1.07/-1.44	-1.56/0.48	-3.52/-0.60	-2.68/-1.45	0.21/-0.50
2452000	-0.89/-0.08	-1.33/0.11	-4.330.86	-2.05/-2.05	1.70/-1.41	1.34/2.53
2452008	0.69/-2.33	-2.67/0.86	-4.16/1.24	-3.84/-1.67	-0.73/-3.15	-3.01/0.08

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

2453013	0.66/-1.03	1.51/1.55	-2.42/2.84	-2.42/1.51	-2.23/-0.61	-1.60/0.85
2453017	-4.28/-2.24	-0.85/-1.42	-3.24/-0.31	-0.78/1.74	0.25/0.34	1.19/0.22
2454000	-0.74/-1.18	0.05/-2.62	-2.72/2.30	-1.96/0.02	-2.97/-1.90	-1.71/-1.75
2454003	1.38/0.49	-0.38/-1.88	-3.23/1.37	-2.44/0.10	-1.89/-.53	-1.91/-1.95
2548000	-0.53/-1.71	-1.01/-0.85	-2.21/0.59	0.29/-3.49	-0.72/2.58	3.34/3.63
2548020	0.31/-0.97	1.37/-0.11	-1.00/-2.15	5.45/-0.84	-2.10/2.00	2.36/0.47
2549003	-1.01/-2.36	-0.23/1.33	-1.08/-0.86	-0.10/-1.49	1.36/-1.08	2.33/4.00
2549019	-0.25/-2.52	1.42/0.58	-2.39/0.22	-3.38/-0.85	0.61/-1.15	5.06/1.53
2550000	-0.33/-2.85	-2.15/-0.22	-2.31/0.67	-1.41/2.46	1.81/-0.23	1.03/1.18
2550003	1.58/-0.47	-1.24/0.38	-3.29/0.44	-2.78/0.55	-1.56/-1.27	1.02/1.66
2551000	0.34/-2.36	-2.24/0.19	-3.67/0.77	-1.21/0.86	-1.16/-0.33	1.83/0.38
2552000	1.28/-2.86	-0.63/-1.35	-2.46/1.51	-1.690.35	-1.19/-2.36	-1.60/-0.49
2553005	2.32/-1.59	0.39/-1.96	-2.37/0.09	-2.95/1.38	0.68/-1.01	-0.43/-0.83
2554002	4.76/2.21	2.03/0.81	-3.83/-0.40	-2.79/0.26	-2.31/-0.28	-0.36/-1.14
2649021	-3.93/-4.04	-0.13/1.02	-1.90/1.00	0.71/-1.72	0.89/-1.32	2.21/0.61
2651000	1.48/-2.38	1.02/-0.63	-1.99/0.53	-1.75/0.01	-1.06/-1.29	2.12/2.51
2652000	2.07/-1.72	0.20/-3.51	-2.50/-1.14	-3.90/-3.37	0.25/-1.95	0.29/0.95
2652010	2.16/-1.96	0.62/-1.47	-3.11/0.83	-1.86/1.02	1.30/-1.16	1.11/1.92
2653001	1.81/-1.92	0.42/-0.31	-4.53/0.36	-3.01/0.40	2.13/-1.00	0.06/-1.87

Nas Figuras 14 a 17 tem-se a análise temporal da chuva calculadas através do Índice de Anomalias de Chuvas (IAC), para algumas séries pluviométricas, podendo-se observar a variabilidade desse índice de ano para ano e de um local para outro. De uma maneira geral, o ano 1983 apresentou o índice positivo (chuvoso), de acordo com a Tabela 2. Assim como o ano 1985, apresentou índices que podem classificar esse ano como extremamente seco.

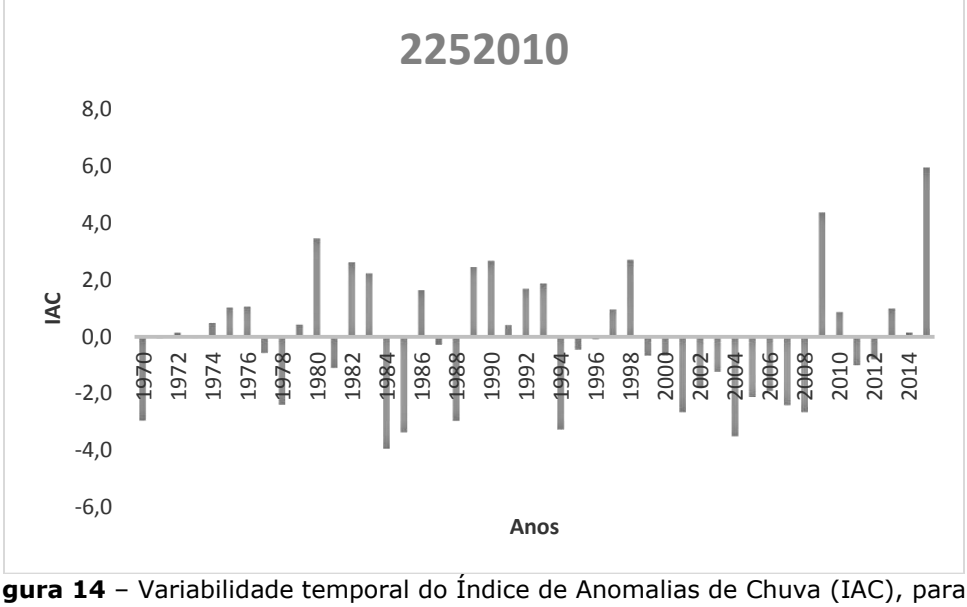

Figura 14 – Variabilidade temporal do Índice de Anomalias de Chuva (IAC), para o período 1970 a 2015, para a estação Vila Silva Jardim.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

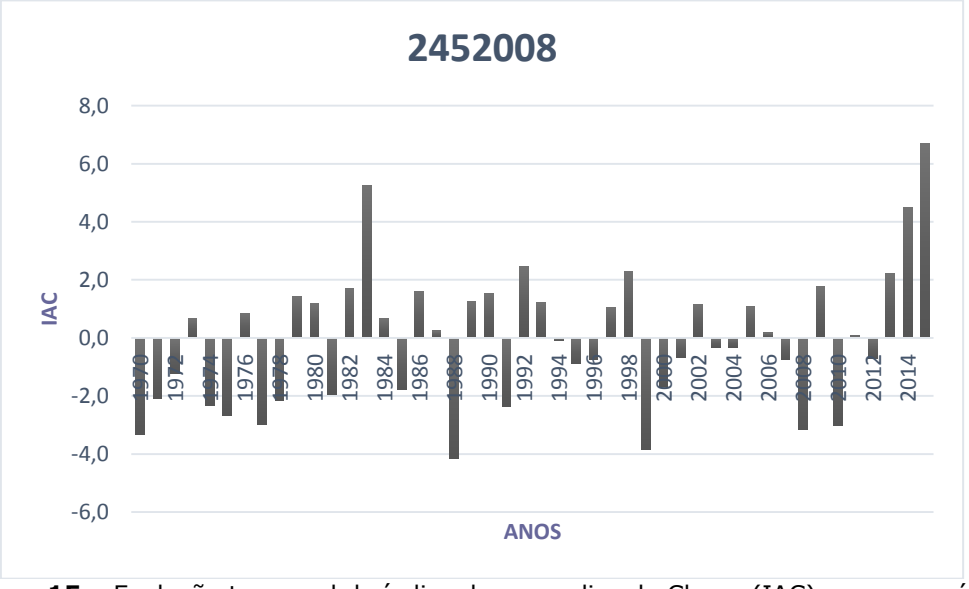

Figura 15 – Evolução temporal do índice de anomalias de Chuva (IAC), para o período 1970 a 2015, para a estação de Iretama.

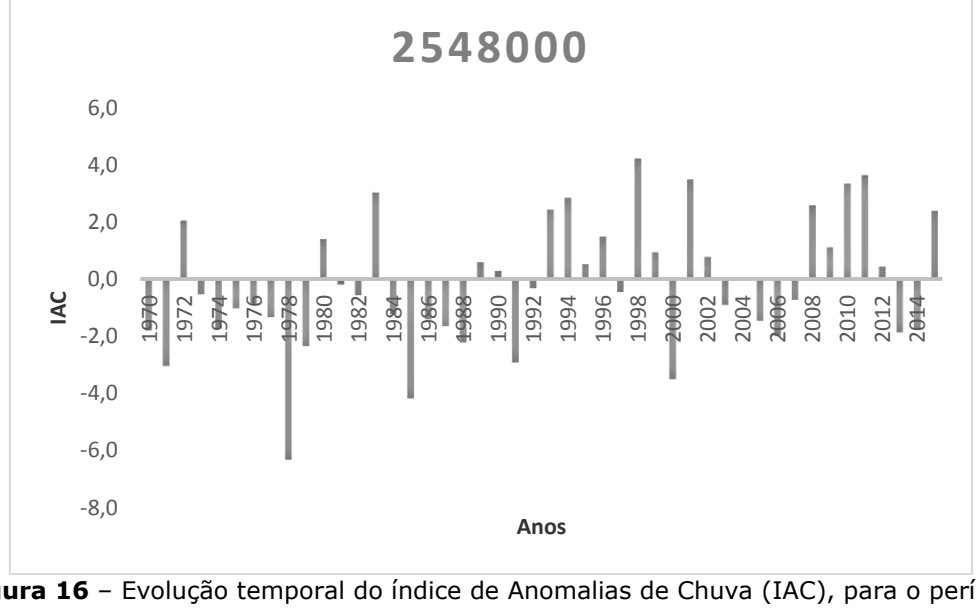

Figura 16 – Evolução temporal do índice de Anomalias de Chuva (IAC), para o período 1970 a 2015, para a estação de Morretes.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

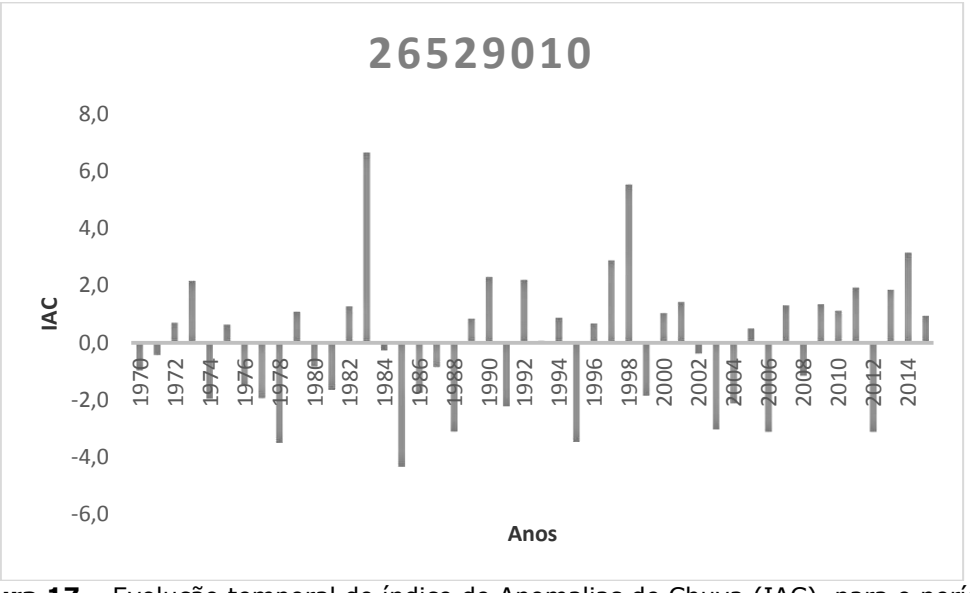

Figura 17 – Evolução temporal do índice de Anomalias de Chuva (IAC), para o período 1970 a 2015, para a estação de Morretes.

3. CONCLUSÃO

A consistência e homogeneização dos dados mostraram-se eficientes com a utilização do método climatol.

A precipitação no estado é bastante irregular no tempo, apresentando nos períodos de El Niño marcada variabilidade de evento para evento. Em relação à espacialização da precipitação, evidencia-se que a área ao sul do estado apresenta maiores precipitações comparativamente as demais áreas do referido estado.

O índice IAC mostrou-se ser uma "ferramenta" útil para análise de períodos secos e chuvosos, apresentando variabilidade de ano para ano e de evento para evento. Os anos de ocorrência de El Niño apresentaram, de maneira geral, anomalias positivas em todos os eventos analisados, assim como os anos de ocorrência de La Niña apresentaram preponderantemente anos negativos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. S., ARAÚJO, L. E. Avaliação climática da precipitação da bacia hidrográfica do rio Caramatuba, PB. Revista Brasileira de Geografia Física, V. 08, n. 05 2015.

ALVES, J. M. B.; CAMPOS, J. N. B.; SOUZA, E. B.; REPELLI, C. A. Produção agrícola de subsistência no estado do Ceará com ênfase aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña. Revista de Agrometeorologia, nº 2, p. 249-256, 1998.

ALBERTO, C. M.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; MEDEIROS, S. L. P. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 7, p. 1067-1075, 2006.

ARAÚJO, L. E.; MORAES, NETO, J. M.; SOOUSA, F. A. S. Análise Climática da Bacia do Rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Engenharia Ambiental, v. 6, n. 3, p.508-523, 2009.

ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. Revista de Geografia, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 7, n. 1, p. 119-125, 1999.

BRYNSZTEIN, S.; NERY, J. T. Estudo da Variabilidade da temperatura mínima de Maringá: máxima entropia. Revista Unimar, Maringá, v. 16, n. 3, p. 539-553, 1994.

CARVALHO, A. L. de; SOUZA, J. L. de; LYRA, G. B.; SILVA, E. C.de. Estação chuvosa e de cultivos para a região de Rio Largo, Alagoas, baseada em métodos diretos e sua relação com o EL Niño-Oscilação Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 28, n. 2, p. 192-198, 2013.

DA SILVA, D. F., KAYANO, M. T., SOUSA, F. de A. S., ARAÚJO, L. E. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia hidrográfica do rio Mundaú usando IAC. Revista Unopar Científica 7, 12-29, 2009.

DINIZ, J. M. T., Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba, Holos, v. 3, p. 171-180, 2013.

FERREIRA, A. G., MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, p.15-28, 2005.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte a Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. Revista Tecnologia, Fortaleza, p. 84-95, 1998.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte a Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em regiões Semiáridas. Revista Tecnologia, Fortaleza, p. 84-95, 2005.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño oscilação sul sobre a precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

GRIMM A. M.; GUETTER, A. K.; CARAMORI, P. H. El Niño no Paraná: o que pode esperar em cada região. Uma análise cientifica. SIMEPAR – Informativo, 1997.

GUIJARRO J. A. CLIMATOL: Software libre para la depuración y homogeneización de datos climatológicos. In El clima, entre el Mar y la Montaña, A-4, García Codron JC, Diego Liaño C, Fdez. De Arróyabe Hernadéz P, Garmendia Pedraja y C, Rasilla Álvarez D. (eds). Asociación Española de Climatología: 493–502, 2004.

IHAKA, R., GENTLEMAN, R. R DEVELOPMENT CORE TEAM: R, a language and enviromental for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Estatísticas Computing, 2011. Disponível em: http://www.R-project.org. Acesso em: 02 de fevereiro de 2013.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.16, n.4, p.157-167, 2011.

NERY, T. J.; VARGAS, W. M.; MARTINS, M. L. O. F. Caracterização da Precipitação no Estado do Paraná. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria. 4(2): 81-9, 1996b.

ROOY, M. P. VAN. A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, Notes, 14- 43, 1965.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). Caminhos de Geografia, v. 15, n. 51, p. 73–84, 2014.

SMITH, T. M., REYNOLDS, R. W. Extended reconstruction of global sea surface temperatures based on COADS data (1854–1997). Journal of Climate, 16, 1495–1510, 2003.

SILVA, V. de P. R. da; MACIEL, G. F.; LIMA, W. F. de A.; GUEDES, M. J. F. Redimento das culturas de sequeiro no Nordeste do Brasil. Parte II: Associação com El Niño e Dipolo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. Anais... [Campinas]: SBA, 1999. 1 CD-ROM.

TRENBERTH, K. E. The definiton of El Niño. Bull. Amer. Meteor. Soc. 78(12): 2771-2778, 1997