

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

**REVISTA DE GEOGRAFIA
(UFPE)**

www.ufpe.br/revistageografia

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

EFEITOS DA ASSOCIAÇÃO DE EVENTOS DE ENOS E ODP SOBRE O ESTADO DO CEARÁ

Djane Fonseca da Silva¹, Aline Bezerra de Sousa², Laianny Morais Maia³, Leonardo Lopes Rufino³

¹ Prof. Dr. Curso de Agronomia, UFC Campus Cariri, e-mail: djane.fonseca@cariri.ufc.br;

² Aluna do curso de Agronomia, UFC Campus Cariri, Bolsista PIBIC, e-mail: alinelaugh@gmail.com

³ Alunos do curso de Agronomia, UFC Campus Cariri, e-mails: laiannymorais@hotmail.com;

leonardorufino@yahoo.com.br

Artigo recebido em 06/11/2011 e aceito em 12/04/2012

RESUMO

A região metropolitana de Fortaleza e região do Cariri cearense, no Estado do Ceará, situam-se no nordeste do Brasil (NEB), que, por sua vez, é conhecido por apresentar em alguns anos secas severas ou chuvas excessivas, as quais têm sido relacionadas aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global associados ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul e em algumas vezes, a Oscilação Decadal do Pacífico. O objetivo principal desse trabalho, com caráter inédito para a região, é verificar como a junção desses eventos climáticos pode influenciar na variabilidade pluviométrica das regiões metropolitana de Fortaleza (RMF) e do Cariri (RC), consideradas as duas principais regiões do Estado do Ceará. Na junção de ENOS e ODP, a região metropolitana de Fortaleza segue os padrões já estabelecidos por Gershunov e Barnett (1998), não observado para o Cariri. Deste modo, no Estado do Ceará, regiões distintas como no sul do Estado (Cariri) e no litoral (Fortaleza) apresentam diferentes efeitos da junção de ENOS e ODP.

Palavras-chave: El Niño Oscilação Sul, Oscilação Decadal do Pacífico, Ceará

EFFECTS OF THE ASSOCIATION OF PDO-ENSO EVENTS IN STATE OF CEARÁ

ABSTRACT

The metropolitan region of Fortaleza and region of Cariri in the state of Ceará, located in the northeast of Brazil (NEB) which in turn, is known for introducing some years severe droughts or excessive rains, which have been standards related to anomalous large-scale global atmospheric circulation associated with El Niño-Southern Oscillation and sometimes the Pacific Decadal Oscillation. The main objective of this work unpublished in the region, is to see how the combination of these weather events can influence the variability of rainfall in Fortaleza metropolitan region (FMR) and Cariri (RC), considered the two main regions of the State of Ceará. At the junction of ENSO and PDO, the metropolitan region of Fortaleza follows the standards established by Gershunov and Barnett (1998), not observed for Cariri. Thus in Ceará as distinct regions in the southern state (Cariri) and on the coast (Fortaleza) have different effects from the junction of ENSO and PDO.

Keywords: El Niño Southern Oscillation, Pacific Decadal Oscillation, Ceará

INTRODUÇÃO

A região metropolitana de Fortaleza e região do Cariri cearense, no Estado do Ceará, situam-se no nordeste do Brasil (NEB), que, por sua vez, é conhecido por apresentar em alguns anos secas severas ou chuvas excessivas, as quais têm sido relacionadas aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global associados ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

As secas severas no NEB têm sido relacionadas à ocorrência do El Niño. Entretanto, a relação entre El Niño e as secas no NEB não é unívoca (KANE, 1997). Kane (1997) mostrou que dos 46 El Niños (fortes e moderados) do período de 1849-1992, somente 21 (45%) estiveram associados a secas severas em Fortaleza, por exemplo. Deste modo, pesquisas buscam outra explicação para eventos de seca que não estejam relacionados diretamente com o ENOS.

Assim, Gershunov e Barnett (1998) afirmaram que anomalias de precipitação relacionadas ao ENOS em certas regiões do globo podem ser “moduladas” por variações climáticas de baixa frequência, como a variabilidade interdecadal, na qual se destaca a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Estudos já comprovaram que a ODP e o ENOS podem ter efeitos

combinados na distribuição anômala de precipitação em algumas regiões, agindo “construtivamente”, com anomalias fortes e bem definidas quando elas estão na mesma fase ou “destrutivamente”, com anomalias fracas e mal definidas quando elas estão em fases opostas (GERSHUNOV e BARNETT, 1998; ANDREOLI e KAYANO, 2005; DA SILVA e GALVÍNCIO, 2010).

Diante disso, o objetivo principal desse trabalho, com caráter inédito para a região, é verificar como a junção desses eventos climáticos pode influenciar na variabilidade pluviométrica das regiões metropolitana de Fortaleza (RMF) e do Cariri (RC), consideradas as duas principais regiões do Estado do Ceará, utilizando para tal o índice de anomalia de chuva (IAC).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 El Niño – Oscilação Sul - ENOS

A fase quente da Oscilação Sul, fenômeno El Niño ou episódio quente do ENOS é caracterizado pelo aquecimento anômalo ou anormal das águas do Pacífico Tropical central e leste, desde a costa oeste da América do Sul. O aquecimento, e o subsequente resfriamento, dura de 12 a 18 meses, tendo início no começo do primeiro ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro - janeiro e terminando

na metade do segundo ano, mas não existe um ciclo bem definido.

Segundo o CPTEC/INPE (2000), o fenômeno El Niño é repetitivo, mas não possui um período regular, reaparecendo no intervalo de três a cinco anos. Em anos de El Niño, ocorre uma mudança de inclinação na "gangorra barométrica" de Walker, isto é, as pressões mais baixas na região da Indonésia e norte da Austrália tendem a aumentar, diminuindo o movimento ascendente e, paralelamente, sobre a região do Pacífico Sudeste próxima da América do Sul, ocorre uma diminuição correspondente da pressão à superfície e, conseqüentemente, diminuição de movimento descendente. Como resultado, enfraquecem os ventos Alísios, reduz a velocidade das correntes marinhas e diminui o fenômeno da ressurgência na costa do Peru e Equador, provocando um aumento rápido da temperatura da superfície do mar em toda a faixa equatorial do Oceano Pacífico, além de diminuir a disponibilidade de plâncton e peixes.

O aquecimento das águas nessa região do Pacífico é mais acentuado na costa noroeste da América do Sul. Verifica-se, então, um deslocamento do ramo ascendente da Circulação de Walker para leste, o que provoca convecção nas regiões próximas às costas do Peru e Equador, que normalmente não ocorre.

A célula de Walker enfraquece e entra em funcionamento a célula de Hadley ou Circulação de Hadley, a qual possui movimento norte-sul. Esta célula intensifica o jato subtropical que sopra da região do Pacífico ao sul do equador para o norte do Chile e Sul do Brasil, causando bloqueios atmosféricos de sistemas de tempo tais como das frentes frias, as quais permanecem estacionárias sobre a Região Sul do Brasil (CPTEC/INPE, 2000).

Em Marin e Sentelhas (1997) e Philander (1990) a fase fria da Oscilação Sul é denominada de La Niña e descreve que esta ocorre como conseqüência do resfriamento anormal da corrente de Humbolt. Em anos de La Niña, a região Sul do Brasil sofre secas, enquanto as chuvas se intensificam no NEB.

Segundo CPTEC/INPE (2000) o La Niña também pode variar em intensidade. Em geral, o episódio começa a se desenvolver em meados de um ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano e dissipa-se em meados do ano seguinte, durando de 10 e 15 meses.

O ramo descendente da circulação de Walker intensifica o sistema de alta pressão sobre o Pacífico sudeste, preferencialmente junto à costa do Chile, provocando ausência de nuvens causadoras de chuva nesse setor do Pacífico. Com isso, aumenta o movimento de ressurgência em associação com a

amplificação da circulação marinha de Humbolt adjacente à costa oeste da América do Sul.

O ramo secundário da circulação de Walker (BJERKNES, 1969), que ascende sobre o norte da América do Sul e descende sobre a região do Oceano Atlântico também se intensificaria em anos de La Niña, favorecendo o aumento das chuvas sobre o setor norte do continente Sul-americano.

Impactos Climáticos dos ENOS

Perto do fim de cada ano, uma contra-corrente quente flui em direção ao sul, seguindo as costas do Equador e do Peru, substituindo a fria corrente peruana. Normalmente, estas contra-correntes quentes duram no máximo algumas semanas quando, novamente dão lugar ao fluxo frio peruano. Entretanto, a cada período de três a sete anos, esta contra-corrente é excepcionalmente quente e forte. Este evento é acompanhado de um acúmulo de água quente na superfície oceânica do Pacífico Central e Leste. El Niño tem feito aparições frequentes, com conseqüências particularmente severas em 1891, 1925, 1953, 1972, 1982, 1986, 1992, 1993, e 1997 (INPE/CPTEC, 2007 *apud* Martins, 2008).

Schott (1931) *apud* Galvêncio (2000) foi quem primeiro descreveu as características do fenômeno El Niño

próximo ao mar, com base em observações dos eventos de 1925-1926.

Bjerknes (1969), dando continuidade ao estudo de Schott, descreveu e documentou o El Niño. Ele afirmou que os Alísios sobre o Oceano Pacífico tropical abastecem de umidade o fenômeno que é dominado pelo gradiente de temperatura à superfície.

O Aquecimento das águas superficiais do Pacífico interfere no campo de PNMM, no regime de ventos e, portanto, no deslocamento das nuvens e no regime das chuvas, gerando alterações significativas no clima de todo o planeta.

Kousky *et al.* (1984) dentre outros pesquisadores, estudaram a influência do ENOS sobre a variabilidade climática interanual da América do Sul. Foram identificadas chuvas deficientes em vastas áreas, incluindo o NEB e a Amazônia bem como excesso de chuva no Sul do Brasil e parte da costa do Peru e Equador durante episódios de El Niño.

De acordo com Ropelewski e Halpert (1987), em anos de ocorrência de El Niño, os ventos diminuem, chegando, em algumas áreas da faixa tropical, a inverterem o sentido (sopando de oeste para leste).

Molion e Moraes (1987) investigaram as relações entre o IOS e a vazão de rios na América do Sul tropical localizados na Bacia Amazônica brasileira.

Encontraram que as descargas dos rios amazônicos estão correlacionadas positivamente com a série de IOS que é um previsor em potencial, pelo menos qualitativamente, das descargas mensais dos rios da América do Sul tropical, especialmente quando o valor absoluto do IOS é alto.

Aragão (1990) afirmou que existe uma grande probabilidade de ocorrerem secas no NEB. Essa ocorrência está associada, em 70% dos casos, aos episódios do El Niño moderados a forte. A influência desse fenômeno é mais forte ao norte do NEB, norte do Estado do Maranhão, o Estado do Piauí, do Ceará, do Rio Grande do Norte, de Pernambuco, da Paraíba e na região norte da Bahia.

Segundo Cane (1992) o El Niño provoca impactos climáticos não apenas na Bacia do Pacífico. O El Niño de 82-83 causou impactos climáticos importantes e desastrosos em metade do planeta, provocando prejuízos estimados em milhões de dólares. Levou tempestades tropicais para o Deserto do Arizona, maremotos para o México e inundações para o Rio Grande do Sul. A África enfrentou uma das maiores secas de sua história no ano de 1999. Quando a chuva diminui em regiões como a Amazônia brasileira ou sudeste australiano, focos de incêndios se multiplicam e uma parcela da mata foi consumida pelas chamas.

Durante os episódios de La Niña, os ventos Alísios são mais intensos que a média climatológica, empilhando as águas mais aquecidas na porção ocidental da Bacia do Pacífico tropical. Com a maior exposição das águas frias no Oceano Pacífico tropical leste e central, registram-se temperaturas superficiais abaixo dos valores médios (anomalias negativas) enquanto, em áreas próximas do continente australiano, as anomalias tendem a ser positivas. Eventos La Niña (LN) têm sido associados à ocorrência de estações chuvosas mais úmidas que o normal na região do NEB (ALVES e SOUZA, 1997). Alves e Souza (1997) mostraram que, para 3 tipos de La Niña, forte, moderado e fraco, observados na Bacia do Oceano Pacífico tropical, a distribuição de chuvas sazonais (fevereiro a maio) e intra-sazonais no setor norte do NEB configuram-se em torno ou acima da média climatológica que é aproximadamente 850 mm para esse período.

De acordo com CPTEC/INPE (2002), os principais efeitos do La Niña observados sobre o Brasil são: Passagem rápida de frentes frias sobre a região Sul do Brasil, com tendência de diminuição da precipitação;

- Temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média durante o inverno;

- Chegada das frentes frias até a região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas;
- Tendência de chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia;
- Possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semi-árida do NEB. Essas chuvas só ocorrem, se simultaneamente ao La Niña, as condições atmosféricas e oceânicas sobre o Oceano Atlântico mostrarem-se favoráveis, isto é, com TSM acima da média no Atlântico Tropical sul e abaixo da média no Atlântico Tropical norte.

Em CPTEC/INPE (2002) ainda foi afirmado que em alguns lugares, como no Sul do Brasil, durante o forte evento de La Niña de 1988/89, a estação chuvosa de setembro a dezembro de 1988 teve um mês muito seco, porém, os demais meses da estação teve chuva normal, ou ligeiramente acima da média. Durante o episódio fraco de 1995/96, o esfriamento do Pacífico não foi tão intenso, mas o período chuvoso de setembro a dezembro de 1995 mostrou durante todos os meses, chuvas abaixo da normal climatológica.

Índice da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). ODP significa Oscilação Decadal do Pacífico ou ainda pode ser chamada de PDO,

Pacific Decadal Oscillation. A designação PDO deve-se a Steven Hare e Robert Francis, que a propuseram entre

1995/96, ao pesquisar conexões entre “ciclos” de produção de salmão no Alasca e condições climáticas no Pacífico (HARE e FRANCIS, 1995).

Nota-se, pois, que a ODP comporta-se como uma “gangorra” entre a TSM ao longo da costa oeste da América do Norte, em respeito ao restante da bacia do Pacífico Norte. Da mesma maneira como o IOS constitui uma “gangorra”, no Pacífico Sul, no que se refere às variações da pressão atmosférica de superfície entre dois pontos ao leste e ao oeste da bacia do Pacífico Sul (por exemplo Tahiti, no sudeste do Pacífico, e Darwin, na Austrália).

Freqüentemente são utilizados três tipos do índice de ODP:

1- Índice da ODP de Mantua *et al.* (1997): deriva-se da primeira componente principal das anomalias da temperatura da superfície do mar, no Pacífico Norte, entre as latitudes 20° N e 90° N (pólo).

2- Índice do NCDC (National Climatic Data Center), USA: baseado nos dados da ERSST-“extended reconstructed SST” da NOAA (dados “reconstruídos” da TSM no Pacífico).

3- Índice anual reconstruído a partir de dados dendroclimáticos de 1661 a 1984, de Biondi *et al.* (2001).

Uma segunda característica da ODP é a persistência das fases quentes (positivas) ou frias (negativas) predominantes por anos seguidos, por vezes ao longo de duas décadas, a menos de algumas oscilações esparsas em sentidos contrários. Ao invés do ENOS, cuja persistência é bem menor.

A influência mais nítida da ODP é no clima da América do Norte, além de seu papel na biodiversidade e nas populações de salmão no Alasca e no Noroeste dos Estados Unidos.

De fato, há evidências de que os estoques das populações de salmão no Pacífico Norte variavam em função de condições climáticas oceânicas. Assim, na fase multidecadal positiva de 1977 a meados da década de 90, ocorreu um aumento na produção de salmão no Alasca juntamente com um decréscimo dessa produção na costa noroeste dos Estados Unidos. Em princípio, numa fase negativa, dá-se o contrário. Do ponto de vista do clima continental, comportamentos opostos podem ser também denotados, nas fases positiva/negativa da ODP, no que se refere à temperatura do ar, precipitação, etc., de outubro a março em várias regiões da América do Norte. Por exemplo, a precipitação no noroeste da América do Norte e nos Grandes Lagos aumentou acima da média na fase negativa da ODP e

diminuiu abaixo da média na fase positiva (HARE e FRANCIS, 1995).

De acordo com Molion (2005) a ODP parece ter entrado novamente em sua fase negativa a partir de 1999, na qual deve permanecer até cerca de 2025, com um conseqüente aumento (redução) da freqüência de eventos La Niña (El Niño). Ainda, conforme o autor, se o sistema Terra-oceanos-atmosfera se comportar como na fase fria anterior da ODP (1947-76), a temperatura média global deverá diminuir, pelo menos, de cerca de 0,15°C até 2025.

Considerando que, os próximos dois máximos de manchas solares, previstos para 2011 e 2022, poderão apresentar número máximo de manchas inferior aos anteriores (mínimo do Ciclo de Gleissberg) se o Sol mantiver o mesmo comportamento dos últimos 300 anos, o autor ainda faz outras inferências, por exemplo, que nos próximos 25 anos, a produção de energia solar poderá ser reduzida e mesmo com emissões crescentes, a taxa anual de crescimento da concentração CO₂ na atmosfera poderá ser inferior às observadas anteriormente, uma vez que sua absorção, pelo Oceano Pacífico Tropical mais frio, poderá aumentar.

Aceitando a hipótese que o Pacífico e sua Oscilação Decadal sejam um controlador importante do clima

global, pode se arriscar a fazer os prognósticos qualitativos que se seguem. O clima global poderá experimentar um resfriamento paulatino nos próximos 25 anos se a ODP comprovadamente permanecer em sua nova fase fria. O Brasil também poderá sofrer mudanças climáticas. Resultados indicaram que os invernos foram mais intensos, com aumento da frequência de geadas, fato também comprovado por Pezza e Ambrizzi (2005). Em adição, os totais pluviométricos poderão se reduzir globalmente e no País como um todo, pois uma troposfera, mais fria e mais seca, é mais estável e produz menos chuva.

Durante a ocorrência da fase positiva da ODP, há a tendência de maior número de episódios de El Niño e mais intensos. Menor número de La Niña, e menos intensas. Já durante a fase negativa da ODP, há maior ocorrência de episódios de La Niña, que tendem a ser mais intensos, e menor frequência de El Niños, os quais tendem a ser curtos e rápidos (ANDREOLI e KAYANO, 2005).

Em Mantua *et al.* (1997) foi verificado que a atmosfera co-varia com o índice de ODP, sugerindo um fenômeno acoplado, tendo por exemplo relação entre PNMM e vento com índice de ODP e ATSM no Pacífico Norte central.

Xavier e Xavier (2004) calcularam correlações entre o índice médio da ODP

de Mantua, em novembro-março, com respeito à chuva acumulada em bimestres e trimestres consecutivos, para várias regiões pluviometricamente homogêneas do Ceará. Os resultados destes autores não foram conclusivos, no sentido de que as correlações eram baixas e estatisticamente não significativas. Eles evidenciaram que a ODP não influi significativamente no estado do Oceano Atlântico Intertropical, não encontraram indícios de que a ODP possa modular as chuvas no Nordeste Setentrional (em particular no Ceará) durante a pré-estação ou no início da estação chuvosa, e que nas chuvas a partir de março/abril no Ceará, o sinal da ODP é muito fraco comparativamente à do ENOS.

2.3 ENOS E ODP

Variabilidade climática é a terminologia utilizada para as variações de clima em função dos condicionantes naturais do globo terrestre e suas interações. As modificações do clima podem ocorrer devido à variabilidade natural ou antropogênica, interna ou externa ao sistema climático.

Vários estudos tentam mostrar como é dada a variabilidade natural do clima do nosso planeta. Há indícios, por exemplo, de que a presença de aerossóis vulcânicos em baixas latitudes associam-se a secas na Amazônia e no Nordeste do Brasil (NEB) e excesso de chuvas nas

regiões sul e sudeste do território brasileiro (MOLION, 1994).

Outros fenômenos naturais, de escala de tempo menor, também influenciam na variabilidade pluviométrica, o El Niño, por exemplo.

Bjerknes (1969) descreveu e documentou o El Niño. Ele afirmou que o aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico interfere no campo de pressão ao nível médio do mar, no regime de ventos e, portanto, no deslocamento das nuvens e no regime das chuvas, gerando alterações significativas no clima de todo o planeta.

As secas severas no NEB, objeto de inúmeros estudos por seus impactos sociais e econômicos, têm sido relacionadas à ocorrência do El Niño. Entretanto, a relação entre El Niño e as secas no NEB não é unívoca (Kane e Trivedi, 1988; Kane, 1992; Kane, 1997). Kane (1997) mostrou que dos 46 El Niño (fortes e moderados) do período de 1849-1992, somente 21 (45%) estiveram associados à secas severas em Fortaleza, por exemplo.

Diante da conhecida influência do Oceano Pacífico sobre o Brasil, deve-se lembrar dos resultados encontrados por Zhang et al. (1997) que separaram a variabilidade temporal do Pacífico em duas componentes: uma relacionada à escala de variabilidade interanual do ciclo de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a

outra, linearmente independente incluindo toda a variabilidade interdecadal.

Deste modo, anomalias de precipitação relacionadas ao ENOS em certas regiões do globo poderiam ser moduladas por modos de clima de baixa frequência, ou seja, longos tempo para ocorrer um próximo evento (Gershunov e Barnett, 1998; McCabe e Dettinger, 1999; Gutzler et al., 2002; Krishnan e Sugi, 2003). Entre esses modos de clima de baixa frequência, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) exerce um papel importante (MANTUA et al., 1997).

A ODP e o ENOS podem ter efeitos combinados na distribuição anômala de precipitação em algumas regiões (Gershunov e Barnett, 1998), agindo “construtivamente”, com anomalias fortes e bem definidas quando elas estão na mesma fase e “destrutivamente”, com anomalias fracas e mal definidas quando elas estão em fases opostas (BROWN e COMRIE, 2004 *apud* ANDREOLI e KAYANO, 2005).

De acordo com IPCC (2007), em adição às mudanças naturais do clima do nosso planeta, as ações humanas podem interferir nos padrões de precipitações observados e principalmente no meio ambiente em que vivemos.

Alguns estudos como Zhang *et al.* (1997), Mantua *et al.* (1997), Gershunov e Barnett (1998) e Andreoli e Kayano

(2005), relataram a influência da ODP sobre a América do Sul.

2.4 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

No Nordeste brasileiro, a previsão e o monitoramento de períodos de secas ou chuvosos são particularmente úteis devido aos seguintes aspectos: (1) a existência de inúmeros projetos de irrigação implantados e a serem implantados ao longo dos principais rios; (2) o abastecimento d'água das grandes cidades é, em sua maioria, dependente direto do escoamento dos rios, ou indiretamente do volume acumulado nas barragens; (3) a maioria das culturas agrícolas dependem exclusivamente da regularidade das chuvas e (4) a possibilidade de uso de água subterrânea é pequena quando comparada ao da água superficial (Freitas, 2004; 2005).

Deste modo, o monitoramento desses períodos pode ser efetuado através do emprego de índices. Com base neles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos de seca ou chuvosos, assim como as diferenciadas medidas a serem efetivadas de acordo com os valores atingidos por tais parâmetros.

Um ponto crucial no emprego de um índice como esse, bem como de qualquer outro, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. Esse patamar é, de

modo geral, escolhido arbitrariamente, levando em conta o uso e as necessidades hídricas locais.

Em um estudo no Estado de Illinois, nos Estados Unidos, Chagnon (1980) chegou às seguintes conclusões: para um patamar de 75% da precipitação média anual já havia problemas de abastecimento d'água em algumas cidades, bem como problemas nas atividades agrícolas; para um patamar de 60% havia quebra das atividades agrícolas do Estado e problemas de abastecimento d'água em muitas cidades; quando a precipitação caía para um valor de 50% da precipitação média anual havia problemas na atividade industrial e no abastecimento d'água de quase todos os municípios.

Conforme Da Silva (2009) é mais apropriado neste caso optar pelo uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para acompanhar a variabilidade pluviométrica e não outro como o de Palmer (Palmer Drought Severity Index-PDSI), porque este último, por exemplo, é calculado com base em dados de evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial eventual etc, e expressa uma medida para a diferença acumulada entre a precipitação normal e a precipitação necessária à evapotranspiração (Havens, 1969; Steila, 1971; Alley, 1984 e 1985; Guttman, 1991). Já o IAC só necessita de dados de precipitação, é simples de ser calculado e

visa tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

Segundo Repelli et al. (1998), o índice proposto parece ser apropriado para utilização em regiões semi-áridas e ou tropicais, especialmente para o NEB. A facilidade de acesso aos dados de precipitação mensais em tempo real é um fator importante e faz do índice uma potencial ferramenta para aplicações de monitoramento durante a estação chuvosa.

Freitas (2004; 2005) utilizou este índice para localidades do Estado do Ceará e observou que com base nesse índice é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, consoante sua intensidade.

Mauget (2005) ao estudar a variação multi-decadal da precipitação de 1901 a 1998 para identificar as concentrações mais significativas de anos úmidos e secos dentro da série, em regiões continentais, encontrou alta incidência de anos úmidos na América do Norte durante 1972 a 1998, com oito dos dez anos mais úmidos desde 1901, ou seja, oito eventos aconteceram durante esse último período de 27 anos. Para a região Norte da Europa, foram encontrados sete dos dez anos mais úmidos durante 1978 a 1998. Regimes secos e úmidos significantes foram

encontrados nas últimas décadas do século XX. O autor sugere que estes períodos úmidos mais recentes sejam realmente efeito de causas terrestres tendo evidência mais notável numa larga mudança do padrão do clima do Atlântico Norte.

Gonçalves et al. (2006) obtiveram o IAC para 15 estações situadas no rio São Francisco, fato o qual mostrou que a incidência de anos secos é substancialmente maior na região estudada. Através da aplicação do índice em áreas situadas à jusante da hidrelétrica de Sobradinho, pode-se explicar a ocorrência de cheias e inundações ocorridas no sertão pernambucano.

Da Silva et al. (2010) utilizando o IAC, identificou uma mudança nos padrões de precipitação na região central da bacia hidrográfica do rio Mundaú. Antes de 1974, os anos foram secos na região central da bacia hidrográfica e após 1974, foram mais úmidos, tornando esse ano um “ponto de inflexão”.

Atestando-se a eficiência desse índice, em alguns trabalhos foi verificado que o IAC serve como uma ferramenta para o acompanhamento da pluviometria, especialmente em bacias hidrográficas, além de ser utilizado para distinção de regiões pluviometricamente diferentes, podendo também, através desse monitoramento gerar prognósticos e diagnósticos de chuvas.

3. DADOS E METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O Estado do Ceará é dividido em oito macrorregiões cearenses (Figura 1): 1- Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), 2- Litoral Oeste, 3- Sobral/Ibiapaba, 4- Sertão dos Inhamuns, 5- Sertão Central, 6- Baturité, 7- Litoral Leste/Jaguaribe e 8- Cariri/Centro Sul, de acordo com a divisão das macrorregiões de planejamento do Ceará da Secretaria do Planejamento e Coordenação (SEPLAN) e enumeradas na Figura 1 de 1 a 8, respectivamente.

Foram escolhidas duas regiões: a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e a região do Cariri (RC), no sul do Ceará, indicadas pelos números 1 a 8 na Figura 1, respectivamente.

Essas regiões são constituídas pelos municípios:

- Região Metropolitana de Fortaleza: Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Guaiúba, Maranguape, Pacatuba e Fortaleza, São Gonçalo do Amarante, Maracanaú, Aquiraz, Pacajuz, Itaitinga, Chorozinho, Horizonte, Pindoretama, Cascavel.

- Região do Cariri: Abaiara, Altaneira, Aurora, Baixio, Barbalha, Barro, Brejo Santo, Caririaçu, Carius, Cedro, Crato, Farias Brito, Granjeiro, Ipaumirim, Jardim,

Jati, Juazeiro do Norte, Jucás, Lavras da Mangabeira, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Nova Olinda, Penaforte, Porteiras, Santana do Cariri, Umari, Várzea Alegre.

3.2 Dados e Métodos

Neste trabalho foram utilizados dados de precipitação para o período de 1962-2008 para localidades no domínio da região metropolitana de Fortaleza e para localidades do Cariri cearense. Todos os dados foram obtidos através da Agência Nacional das Águas (ANA) e da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos).

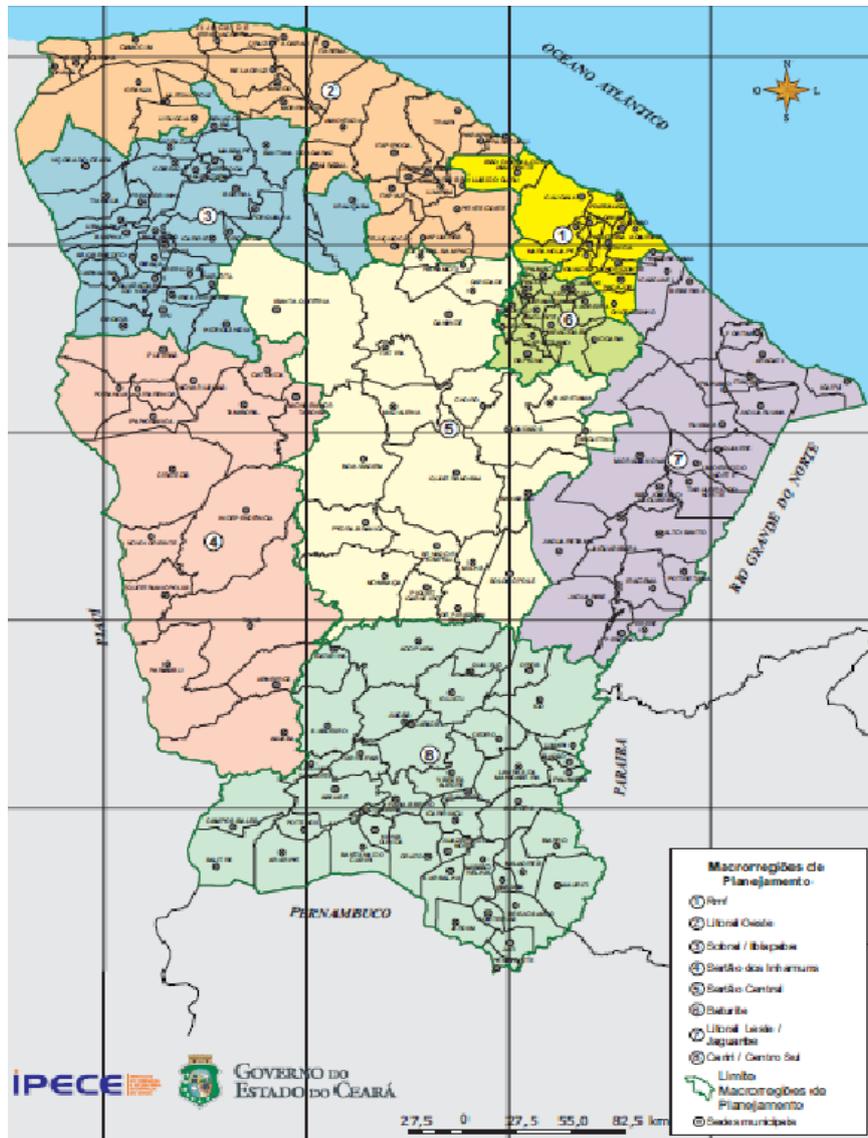
Para uma melhor visualização dos efeitos pluviométricos optou-se por trabalhar com dados de anomalias, escolhendo assim o índice de anomalia de chuva (IAC).

Como justificado em Da Silva (2009), neste trabalho foi escolhido o IAC para acompanhar a variabilidade pluviométrica e não outro como o de Palmer (Palmer Drought Severity Index-PDSI), porque este último, por exemplo, é calculado com base em dados de evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial eventual etc. e expressa uma medida para a diferença acumulada entre a precipitação normal e a precipitação necessária à evapotranspiração (Havens,

1969; Steila, 1971; Alley, 1984 e 1985; Guttman, 1991). Já o IAC só necessita de dados de precipitação, é simples de ser calculado e visa tornar o desvio da

precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

Figura 1: Localização do Cariri no Estado do Ceará, em verde (Fonte: SEPLAN, 2011).



O IAC analisa a frequência que ocorrem anos secos e chuvosos e a intensidade do evento. O IAC foi desenvolvido e utilizado primeiramente por Rooy (1965) e adaptado para o

Nordeste do Brasil por Freitas (2004; 2005):

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias} \\ \text{positivas (1)}$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias} \\ \text{negativas (2)}$$

Sendo: N = precipitação atual (mensal ou anual), ou seja, do mês ou ano que será gerado o IAC (mm); \bar{N} = precipitação média (mensal ou anual) da série histórica (mm); \bar{M} = média das dez maiores precipitações mensais ou anuais da série histórica (mm); \bar{X} = média das dez menores precipitações mensais ou anuais da série histórica (mm); e anomalias positivas são valores acima da média e negativas, abaixo da média.

Após o cálculo do IAC para cada localidade foram gerados gráfico da média do IAC para as regiões e mapas de distribuição espacial do IAC durante a associação de eventos de ENOS e ODP em quatro anos específicos. O gráfico foi feito através do Microsoft Excel e os mapas foram confeccionados através do Software Surfer.

Os anos de eventos de ENOS e ODP foram escolhidos através da metodologia e

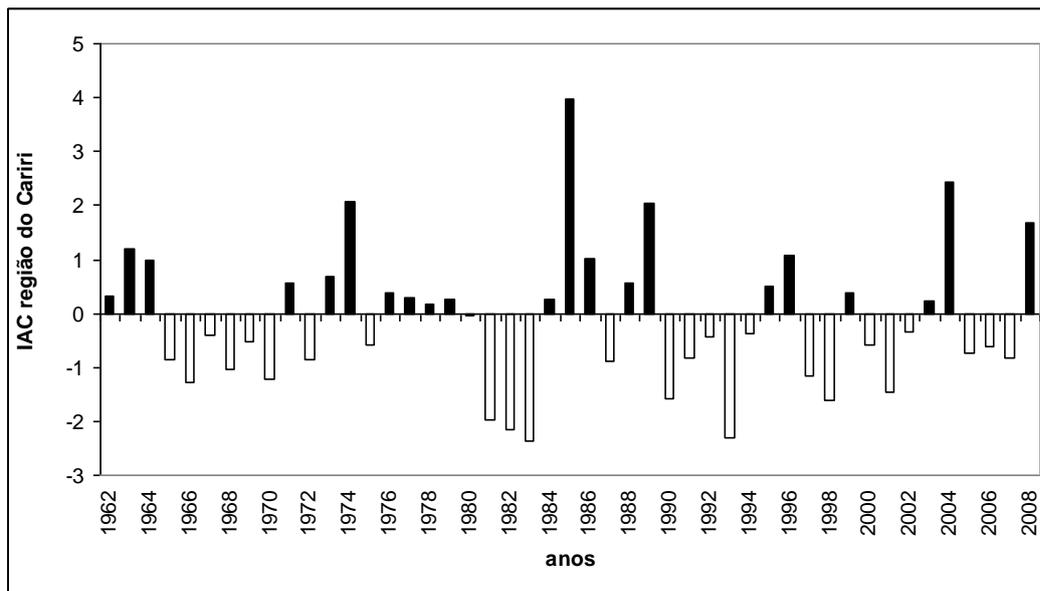
critérios utilizados por Andreoli e Kayano (2005) e Da Silva e Galvêncio (2010). Os anos escolhidos foram 1972 (El Niño e ODP fria), 1975 (La Niña e ODP fria), 1982 (El Niño e ODP quente) e 1988 (La Niña e ODP quente), por se tratarem de anos com ambos eventos em fases fortes e bem definidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Variação temporal do IAC

Ao longo da série de IAC para a região do Cariri (Figura 2), vê-se que há alternância de anos e períodos secos e úmidos, tendo como exemplo de 1917-1926 e de 1985-1988, anos consecutivos úmidos e com altos IACs, e de 1912-1916, 1934-1944, 1956-1960, 1964-1969, 1981-1984, com IAC negativos caracterizando-os como anos secos. Os anos de 1919 (com destaque), 1981, 1982, 1983 e 1993 foram os mais secos de toda a série na região. Já os anos de 1917, 1922, 1924 (maior IAC positivo, ano mais chuvoso da série), 1975, 1984, 1989 e 2004 apresentaram chuvas acima da média.

Figura 2: IAC para a região do Cariri, de 1962 a 2008



O IAC mostra a frequência e a intensidade de anos secos ou chuvosos. O IAC positivo indica que o ano apresentou chuva acima da média, ou seja, média do ano específico foi maior que a média climatológica da região e o contrário para IAC negativo. Assim, pode-se observar somente 1975 foi ano chuvoso e 1988, mesmo sendo La Niña, apresentou chuvas abaixo da média.

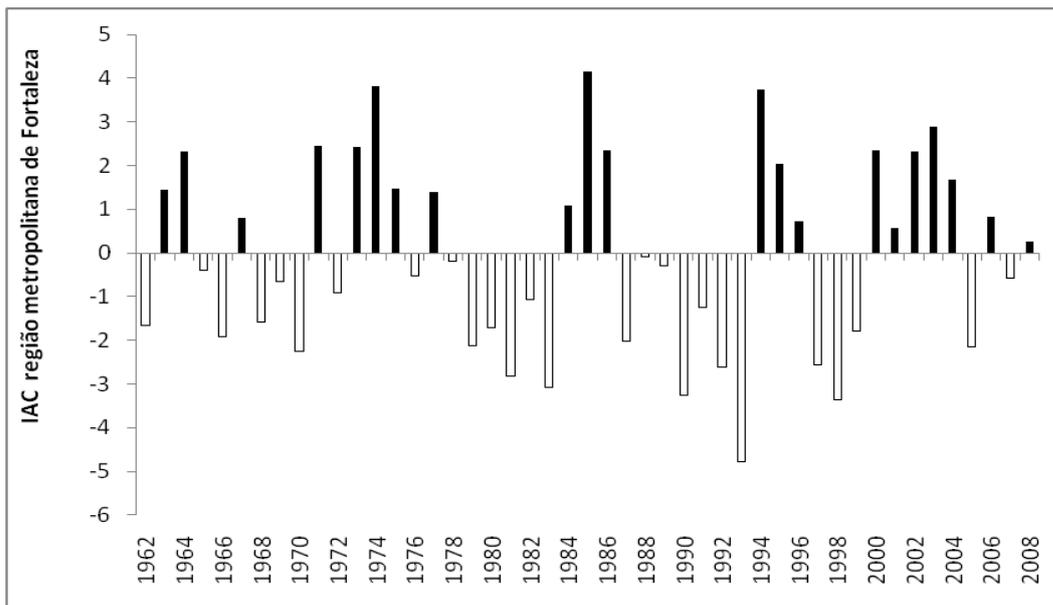
Para detalhar a variabilidade pluviométrica na região, analisou-se os 4 nos já citados com base em seus valores de IAC indicando assim as anomalias conforme sua variabilidade e intensidade

4.2 Distribuição do IAC durante ocorrência simultânea de ENOS e ODP

Durante o evento de El Niño, tanto na fase fria quanto na fase quente (Figuras

que a alternância de anos secos e chuvosos na região é alta (Figura 3). Foram contabilizados 21 anos chuvosos e 26 anos secos, além da ocorrência de anos secos consecutivos ser mais clara, tendo como exemplo os períodos de 1978-1984 e de 1987-1993. Como mostrado na Figura 3, 4 e 5, respectivamente), as precipitações ficam abaixo da média da região, como esperado para toda a região Nordeste do Brasil. No entanto, a associação das fases quentes dos dois eventos (Figura 5) fazem com que as anomalias negativas (IAC) fiquem mais intensas, variando de -1,4 a -3,8, enquanto quando o El Niño agia em conjunto com a ODP na fase fria, as anomalias foram menos intensas e em algumas áreas as chuvas ficaram em torno da média (Figura 4).

Figura 3: IAC para a região metropolitana de Fortaleza, de 1962 a 2008



Esses resultados são coerentes aos encontrados por Gershunov e Barnett (1998), Da Silva e Galvêncio (2010), que também mostraram que fases iguais Durante o La Niña, para o NEB, esperam-se chuvas acima da média, mas pode-se visualizar que nos anos de 1975 e 1988 (Figuras 6 e 7), algumas áreas apresentaram chuvas abaixo da média como exemplo o leste do Cariri.

Ao longo da ocorrência simultânea de La Niña e ODP na fase fria (Figura 6), ou seja, ambos na fase fria, as anomalias de precipitação variaram de -1,3 a 0,4. Assim, mesmo sendo ano de La Niña e com a junção das fases frias dos eventos, ocorreu chuva abaixo da média em partes do Cariri, exceto no sudeste e sudoeste da

fortalecem as anomalias e contrárias, diminuem. Notou-se em comum para as duas ocorrências que o sudeste do Cariri apresentou as menores chuvas.

Já para a junção da fase fria do ENOS e quente da ODP – fases contrárias (Figura 7), as anomalias negativas foram menores e as anomalias positivas foram maiores; as precipitações aumentaram. Esses resultados não mostram um padrão da influência da ODP sobre o padrão de La Niña, como ocorrido para o El Niño.

Observou-se ainda que o sudeste do Cariri, o qual apresentou as menores chuvas durante os El Niños estudados, apresenta agora durante o La Niña as maiores chuvas do Cariri.

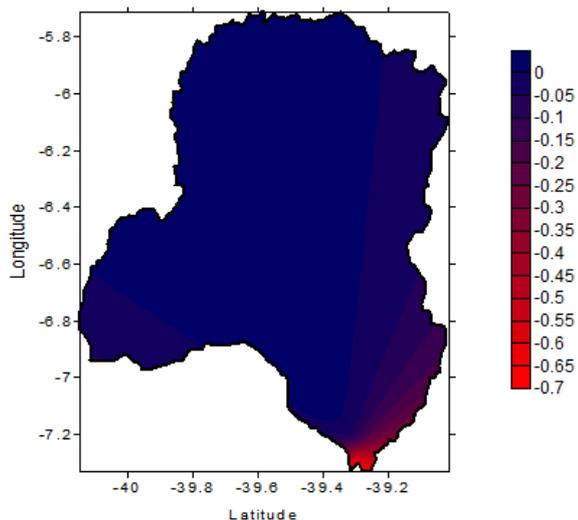


Figura 4: ano de 1972 (El Niño e ODP fria)

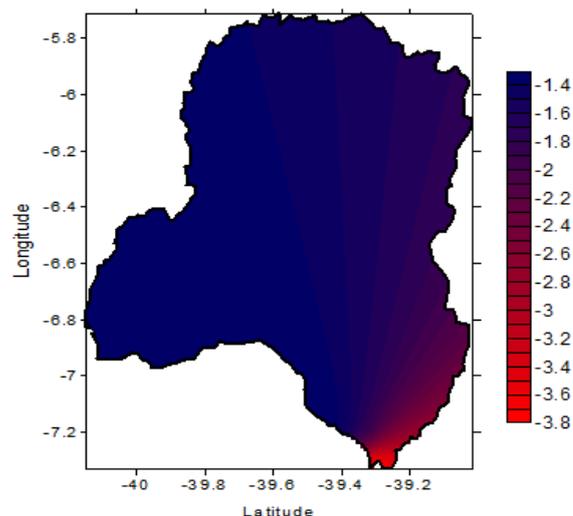


Figura 5: ano de 1982 (El Niño e ODP quente)

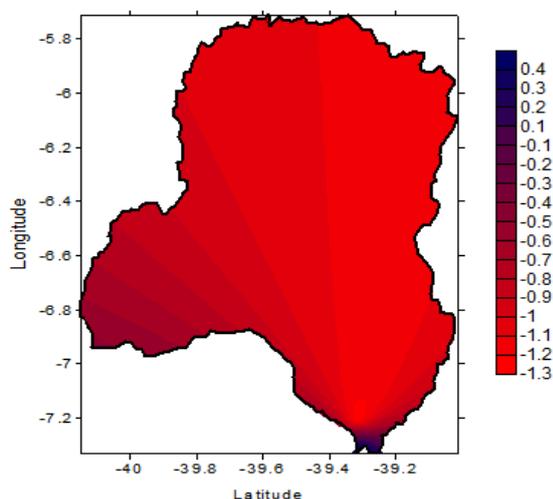


Figura 6: ano de 1975 (La Niña e ODP fria)

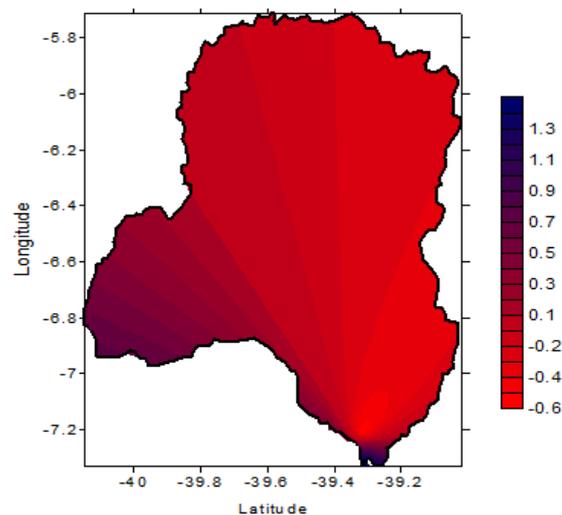


Figura 7: ano de 1988 (La Niña e ODP quente)

Para o Nordeste do Brasil, em anos de El Niño, esperam-se chuvas abaixo da média e para anos de La Niña, chuvas acima da média (CPTEC/INPE, 2000; 2002). Com o intuito de verificar se isso ocorre ao associar-se com a ODP, foram analisadas as Figuras 8 a 11. No entanto, em algumas situações o esperado não é observado, havendo anos de La Niña seco no NEB, por exemplo.

Ao comparar o El Niño quando ocorria simultaneamente as fases da ODP, verificou-se que as chuvas foram abaixo da média durante o El Niño e a ODP fria (Figura 8), mas as chuvas foram ainda menores quando o El Niño se associou à ODP quente (Figura 9). Assim, em fases iguais as anomalias foram fortes e bem definidas corroborando com os resultados de Gershunov e Barnett (1998). Já quando há ocorrência de La Niña em associação

com ODP fria (Figura 9) as chuvas em toda a região apresentam-se acima da média (IAC todos positivos). Quando o La Niña é dominado pela fase quente da ODP as chuvas apresentam diminuição e até mesmo chuva abaixo da média, mesmo sendo La Niña (Figura 10). Mais uma vez, com a junção das mesmas fases da ODP e ENOS (fases frias), as anomalias ficam mais fortes e definidas

Os núcleos de valores máximos e mínimos de chuva (IAC) também modificam. Quando em mesmas fases, quente para os dois eventos (Figura 10) ou fria para os dois eventos (Figura 9) os máximos ocorreram no sul da região metropolitana de Fortaleza.

Assim, era de se esperar para anos de El Niño chuvas abaixo da média e anos de La Niña, acima da média. Verificou-se agora que a junção de fases quentes de

ENOS e ODP (Figura 9) diminuem as chuvas, podendo ocorrer seca. A junção de fases frias dos dois eventos (Figura 10) aumentam significativamente a chuva na região.

Apesar de anos de La Niña serem propícios para ocorrência de chuvas abundantes na região, se a ODP estiver em fase contrária (quente) ela domina sobre o sinal do ENOS e diminui as chuvas (Figura 11).

Resultados semelhantes já foram encontrados para outras regiões no Nordeste do Brasil (Andreoli e Kayano, 2005; Da Silva et al., 2009a) e regiões na América do Sul (Gershunov e Barnett, 1998). Já áreas no Sudeste do Brasil não apresentaram resultados tão comprovadores da influência da ODP (DA SILVA et al., 2009b).

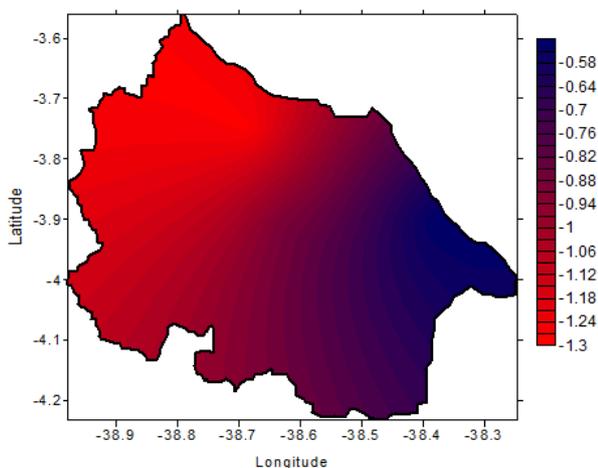


Figura 8: Ano de 1972 (El Niño e ODP fria)

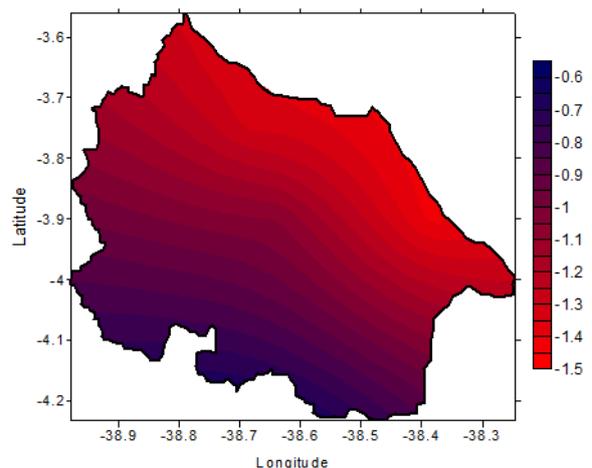


Figura 9: Ano de 1982 (El Niño e ODP quente)

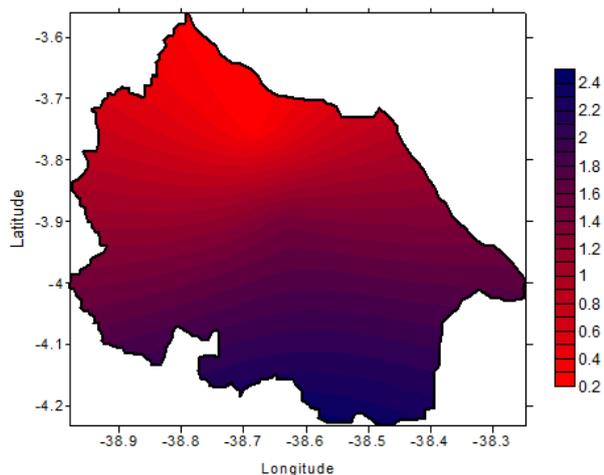


Figura 10: Ano de 1975 (La Niña e ODP fria)

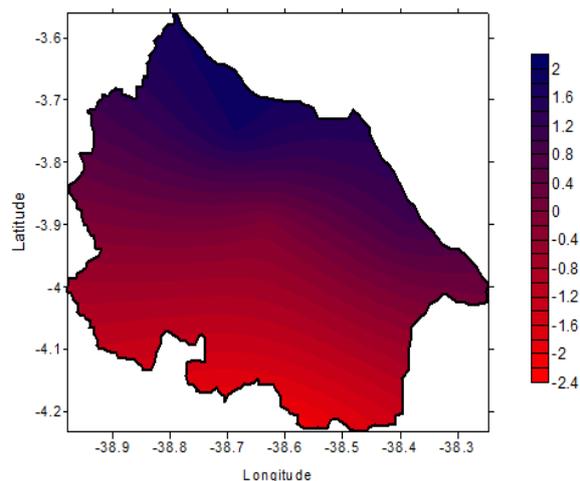


Figura 11: Ano de 1988 (La Niña e ODP quente)

5. CONCLUSÕES

Para o Cariri, durante junção de El Niño e ODP é visível diminuição de chuva nas fases quentes. Já durante La Niña, a junção de ENOS e ODP em ambas as fases não mostraram resultados coerentes com padrão esperado de Gershunov e Barnett (1998).

Já para RMF, ficou claro que a associação das mesmas fases de ENOS e ODP promoveram diminuição nas chuvas, quando nas fases quentes dos dois eventos, e aumento nas chuvas, quando em fases frias dos dois eventos. O mesmo também foi encontrado para outras regiões do NEB e da América do Sul, mostrando que a região metropolitana de Fortaleza também é sensível à associação de ENOS e ODP, e

6 .REFERÊNCIAS

que a última domina sobre a variabilidade pluviométrica local.

Em resumo, na junção de ENOS e ODP, a região metropolitana de Fortaleza segue os padrões já estabelecidos por Gershunov e Barnett (1998), não observado para o Cariri. Deste modo, no Estado do Ceará, regiões distintas como no sul do Estado (Cariri) e no litoral (Fortaleza) apresentam diferentes efeitos da junção de ENOS e ODP.

Esse fato deve ser levado em consideração porque através do monitoramento das fases da ODP pode-se gerir melhor os recursos hídricos e ter menos perdas econômicas em vários setores que dependem do clima.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Enso-Related Rainfall Anomalies in South America and Associated Circulation Features During Warm and Cold Pacific Decadal Oscillation

Regimes, *International Journal of Climatology*. *Internacional Journal Climatology*, v.25: 2017–2030, 2005.

ALLEY, W.M. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, v. 23, p.1100-1109, 1984.

ALLEY, W.M. The Palmer Drought Severity Index as a Measure of Hydrologic Drought, *Water Resources Bulletin*, 21, v. 1, 105-114, 1985.

ALVES, J. M. B.; SOUZA, B. E. A. A relação entre os fenômenos El Niño e La Niña e a distribuição interanual da precipitação no Estado do Ceará. *Notas técnicas, Monitor Climático*, vol.11, nº127, 1997.

ARAGÃO, J. A. R. Fatos sobre o fenômeno de El Niño e sua relação com as secas no NEB. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET*. Vol.14, nº1, p.2-8, 1990.

BIONDI, F.; GERSHUNOY, A.; CAYAN, D. R. North Pacific Decadal Climate Variability Since AD 1661, *Journal of Climate*, Vol. 14, N. 1, pp. 5-1, 2001.

BJERKNES, J. Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, v. 97, p. 163-172, 1969.

CANE, M. A. Tropical Pacific ENSO models: ENSO as a model of the coupled system. In: *Climate System Modeling* (Ed. Trenberth, K.E.), Cambridge, 1992.

CHAGNON, S.A. Removing the confusion over droughts and floods: the interface between scientists and policy makers, *Water International*, 10-18 p, 1980.

CPTEC/INPE. El Niño. *Boletim informativo do INPE*, 2000. Disponível em:http://www.cptec.inpe.br/enos/globo_elnino.html. Acesso em: 12 de setembro de 2000.

CPTEC/INPE. La Niña. *Boletim informativo do INPE*, 2002. Disponível em:<http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha3p.html>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2002.

DA SILVA, D. F. Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). Tese de Doutorado em Recursos Naturais, 174p, UFCG (PB), março, 2009.

DA SILVA, D. F.; OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNCIO, J. D. Influência das fases da ODP e ENOS sobre a precipitação do Submédio São Francisco, *Simpósio Internacional de Climatologia, Canela (RS)*, 2009a.

DA SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; GALVÍNCIO, J. D. Influência da variabilidade decenal sobre a precipitação do Alto São Francisco (MG), *Simpósio Internacional de Climatologia, Canela (RS)*, 2009b.

DA SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D. Influência das escalas interanuais e decadais sobre a precipitação do Submédio São Francisco. In: Galvínio, J. D.; Da Silva, D.F.; Nóbrega, R. S. (Org.). *Mudanças Climáticas e recursos hídricos: aplicações no estado de Pernambuco*. 1 ed. Recife: UFPE, 2010, v. 1, p. 27-55.

DA SILVA, D. F.; SOUSA, F. A. S.; KAYANO, M.T. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na Bacia hidrográfica do rio Mundaú. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.3, 147 – 155, 2010.

- FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses. Puerto Iguazú : CACIER, v. 1, p. 1-1, 2004.
- FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. Revista Tecnologia, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.
- GERSHUNOV A, BARNETT, T.P. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. Bulletin of the American Meteorological Society, 79: 2715–2725, 1998.
- GALVÍNCIO, J.D. Impactos dos eventos El Niño na precipitação da Bacia do rio São Francisco. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Campina Grande. Universidade Federal da Paraíba (PB), 117p, 2000.
- GONÇALVES, W. A.; CORREIA, M. F.; ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; ARAÚJO, H. A. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semi-árida da bacia hidrográfica do São Francisco, Anais XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, 2006.
- GUTTMAN, N. B. A Sensitivity Analysis of the Palmer Hydrologic Drought Index, Water Resources Bulletin, 27(5), 797-807, 1991.
- GUTZLER D.S.; KANN, D.M.; HORNBRUGH, C. Modulation of NSO-based long-lead outlooks of southwestern U.S. winter precipitation by the Pacific decadal oscillation. Weather and Forecasting, 17: 1163-1172, 2002.
- HARE, S.R.; FRANCIS, R.C. Climate Change and Salmon Production in the Northeast Pacific Ocean, In R.J. Beamish [ed.], Climate Change and Northern Fish Populations, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 121, 1995.
- HAVENS, A. V. Economic Impact of Drought on Water Systems in Passaic River Basin, Journal New Brunswick, New Jersey Agricultural Experiment Station, 1969.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Working Group I. Third Assessment Report. Summary for Policymakers. WMO. 17 pp.http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf
- KANE, R. P.; TRIVEDI, N. B. Spectral characteristics of the annual rainfall series for northeast Brazil, Clim. Change, v.13, p.317-336, 1988.
- KANE, R. P. El Niño and La Niña events and rainfall in NE and South Brazil, Rev. Bras. Geofís., v.10, n.2, p.49-59, 1992.
- KANE, R. P. Prediction of droughts in North-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities, International Journal of Climatology, v.17, p.655-665, 1997.
- KRISHNAN, R.; SUGI, M. Pacific decadal oscillation and variability of the Indian summer monsoon rainfall. Climate Dynamics 21: 233-242, 2003.

- KOUSKY, V.; KAYANO, M.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies, *Tellus*, 36A, p. 490-504, 1984.
- MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78, pp. 1069-1079, 1997.
- McCABE, G.B.; DETTINGER, M.D. Decadal variations in the strength of ENSO teleconnections with precipitation in the western. United States. *International Journal of Climatology* 19:1399-1410, 1999.
- MAUGET, S.U.M. Índice Padronizado de Precipitação (SPI); C. Springer Science, V.1, p.90, 2005.
- MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C. Análise da Influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Anais Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba, 1997.
- MARTINS, A.C.S. Relação das anomalias de TSM do Pacífico e Atlântico Tropicais com anomalias de temperatura, umidade e vento para a América do Sul, Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG, setembro de 2008.
- MOLION, L. C.; MORAES, J. C. Oscilação Sul e descargas de rios na América do Sul Tropical. *Revista brasileira de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos*, v. 5, p. 53-63, 1987.
- MOLION, L.C.B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico, *Revista Climanálise*, 2005.
- PEZZA, A. B.; AMBRIZZI, T. Cold waves in South America and freezing temperatures in São Paulo: Historical background (1888-2003) and case studies of cyclones and anticyclones tracks, *Revista Brasileira de Meteorologia*: 20(1), 141-158, SBMET, Rio de Janeiro, 2005.
- PHILANDER, S. G. El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic San Diego, 1990.
- REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET, 1998, Brasília DF. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET, 1998.
- ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation, *Journal Climate*, vol.2, p.268-283, 1987.

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

STEILA, D. Drought Analysis in Four Southern States by a New Index, PhD Diss., Athens, Ga., The University of Georgia, 1971.

XAVIER, T.M.B.; XAVIER, A.F.S A ODP- “Oscilação Decadal do Pacífico”

(PDO – “Pacific Decadal Oscillation”) e eventos no Atlântico intertropical e no Nordeste Setentrional do Brasil, Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza-CE, 2004.

ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; BATTISTI, D. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93, J. Clim., v.10, p.1004-1020, 1997.