



ANÁLISE DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA NA MICRORREGIÃO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO – PERNAMBUCO

AN ANALYSIS OF THE RAINFALL ANOMALY INDEX IN VITORIA DE SANTO ANTÃO MICROREGION – PERNAMBUCO

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE ANOMALIA DE LLUVIA EN LA MICRORREGIÓN DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO – PERNAMBUCO

Eberson Pessoa Ribeiro

Professor do Departamento de Geografia do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

E-mail: eberson_pessoa@yahoo.com.br

Amanda Steffany Quirino de Alcântara Maciel

Graduanda em Engenharia Agrônômica - Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

E-mail: amandadealcantaramaciel@gmail.com

RESUMO:

A microrregião de Vitória de Santo Antão se destaca pela sua produção agrícola, sendo considerada o cinturão verde da Região Metropolitana do Recife (RMR). O presente trabalho tem como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal da precipitação na microrregião de Vitória de Santo Antão empregando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Foram utilizados os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1960 a 2015, medidos de 5 estações meteorológicas, obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Já para a obtenção dos dados médios mensais de temperatura do ar foi utilizado o *software Estima_T*, o qual estima temperaturas do ar por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais. Analisou-se o IAC criado por Rooy (1965), além da análise da Probabilidade de Ocorrência de Chuva (P) e seu Período de Retorno (t). Os resultados indicaram que a microrregião possui irregularidades pluviométricas devido a eventos atmosféricos que atuam na região, como o El Niño, apresentando uma acentuada variabilidade interanual da precipitação com tendências de diminuição das chuvas. As técnicas de probabilidade de ocorrência de chuvas e o período médio de retorno se apresentaram indispensáveis para a estimativas de eventos climáticos extremos.

Palavras-chave: IAC. Probabilidade de Ocorrência de Chuvas. Intervalo Médio de Recorrência.

ABSTRACT:

The microregion of Vitória de Santo Antão stands out for its agricultural production, being considered the green belt of the Metropolitan Region of Recife (RMR). The present study aims to evaluate the spatial-temporal variability of rainfall in Vitória de Santo Antão microregion by using the Rainfall Anomaly Index (IAC). The mean values of the precipitation of the historical series from 1960 to 2015, measured from 5 meteorological stations, obtained through Pernambuco State of Waters and Climates (APAC) were used. The average air temperature data were obtained by using *Estima_T* software, which estimates air temperatures through multiple regressions as a function of local coordinates. The RAI created by Rooy (1965) was analyzed, as well as the Rainfall Probability (P) analysis and its Return Period (t). The results indicated that microregion has pluviometric irregularities due to atmospheric events that operate in the region, such as El Niño, showing a marked interannual variability of precipitation with tendencies of rainfall reduction. The techniques probability occurrence of rains and the average period of return were indispensable for the estimation of extreme climatic events.

Keywords: IAC. Rainfall Probability. Mean Recurrence Interval.

RESUMEN:

La microrregión de Vitória de Santo Antão se destaca por su producción agrícola, siendo considerada el cinturón verde de la Región Metropolitana de Recife - RMR. El presente trabajo tiene por objetivo evaluar la variabilidad espacio-temporal de la precipitación de la microrregión de Vitória de Santo Antão empleando el Índice de Anomalía de Lluvia (IAC). Se utilizaron valores medios mensuales de la serie histórica de 1960 a 2015, medidos de 5 estaciones meteorológicas, obtenidos por medio de la Agencia Pernambucana de Aguas y Climas (APAC). Para la obtención de datos medios mensuales de temperatura del aire se utilizó el software Estima T, el cual estima temperaturas del aire por medio de regresiones múltiples en función de las coordenadas locales. Se analizó el IAC creado por Rooy (1965), además del análisis de la Probabilidad de Ocurrencia de Lluvia (P) y su Período de Retorno (t). Los resultados indicaron que la microrregión posee irregularidades pluviométricas debido a eventos atmosféricos que actúan en la región, como El Niño, presentando una acentuada variación interanual de la precipitación con tendencias de disminución de las lluvias. Las técnicas de probabilidad de ocurrencia de lluvias y el período medio de retorno se presentaron indispensables para las estimaciones de eventos climáticos extremos.

Palabras clave: IAC; Probabilidad de Ocurrencia de Lluvias; Intervalo Medio de Recurrencia.

1 INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil (NEB) apresenta grande diversidade climática devido aos diversos sistemas atmosféricos responsáveis pela distribuição das chuvas na região, bem como pela variabilidade interanual e intrasazonal. De tal modo, o monitoramento de períodos chuvosos e secos e da variabilidade espaço-temporal da precipitação é essencial para a gestão de recursos hídricos. Assim, “é de capital importância dispor-se de instrumental prático de auxílio à tomada de decisões” (FREITAS, 2005, p. 84). A variabilidade e a irregularidade das precipitações, bem como as excepcionalidades dos eventos climáticos interferem intensamente nas atividades agropecuárias, além de exercer forte influência na transformação da paisagem (SANT’ANNA NETO, 1998).

O estudo do comportamento da precipitação pluviométrica é fundamental, uma vez que possibilita detectar tendências ou alterações climáticas em variadas escalas, além de compará-las (MARCUIZZO; GOULARTE, 2012). Esses estudos são realizados com alguns índices, a exemplo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), desenvolvido por Rooy (1965) com a finalidade de caracterizar e monitorar a variabilidade espaço-temporal da precipitação de uma região, como também classificar as magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas, permitindo a comparação entre as condições atuais e as séries históricas em consonância à intensidade dos eventos.

O IAC tem se tornado uma ferramenta bastante utilizada devido a sua simplicidade para análise das precipitações pluviométricas, utilizando planilhas eletrônicas para a determinação da qualidade das anomalias (SANCHES; VERDUM; FISCH, 2014). Além disso, o IAC se torna mais acessível, pois necessita apenas de dados pluviométricos e é de fácil estimativa, diferente de outros índices, como Índice de Precipitação Padronizada (SPI), Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI), Índice de Seca de Bhalme & Mooley (BMDI), entre outros.



Destaca-se que o IAC “não apresenta um padrão de inclusão em uma categoria que qualifique o evento meteorológico” (ALVES *et al.*, 2010, p. 6), ou seja, se um valor fica acima ou abaixo de zero, isso significa que o resultado foi comparado com a média histórica da precipitação da área, sendo classificada como um período úmido ou seco, respectivamente. De acordo com os estudos de Freitas (2004; 2005), Araújo; Da Silva (2011), Souza; Da Silva (2012) e Ribeiro; Nóbrega; Mota-Filho (2015), o IAC revelou-se eficaz para o NEB, permitindo a “comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, consoante sua intensidade” (DA SILVA; GALVÍNCIO; NÓBREGA, 2011, p. 49), bem como a variação multidécadas. Portanto, as séries da precipitação mensal foram empregadas para detectar períodos secos e úmidos considerados extremos.

O IAC permite fazer uma comparação das séries históricas de dados com os dias atuais, servindo também para avaliar a distribuição espaço-temporal do evento em relação a sua intensidade (FREITAS, 2004; 2005). Um ponto crítico no emprego do IAC se baseia na escolha de um patamar a ser constituído para definir um período de seca. Esse patamar é escolhido de forma aleatória em anos secos e chuvosos e deve ser selecionado conforme os conhecimentos climáticos da região, na apreciação das características dos períodos secos e das consequências à população e ao meio ambiente atingindo (DA SILVA *et al.*, 2009).

No Nordeste Brasileiro, Ribeiro (2016) destaca que o fenômeno *EL Niño*-Oscilação Sul (ENOS) é um dos principais eventos atmosféricos responsáveis pelos períodos extremos de secas e chuvas nessa região. Estudos como o de Oliveira Júnior *et al.* (2012), realizado no Estado de Alagoas, constataram que os fenômenos fortes de ENSOS (El Niño e La Niña) apontam padrões mais reais de períodos secos e chuvosos para as regiões do estado quando comparados com eventos moderados de ENSOS. De acordo com essa pesquisa, houve uma visível alteração de valores positivos e negativos do IAC que ocorrem devido as influências dos fenômenos meteorológicos que afetam a precipitação do Nordeste Brasileiro (NEB), entre eles estão o Dipolo do Atlântico (aquecimento/resfriamento do Atlântico Norte/Sul) e eventos irregulares no Oceano Pacífico associados ao El Niño-Oscilação Sul (ENSOS).

Diante da perspectiva de análises espaço-temporal e variabilidade da precipitação pluviométrica há a necessidade de utilizar a probabilidade de ocorrência (P) e período de retorno (t) de anos chuvosos e secos. O período de retorno (t) é o intervalo de tempo para que chuvas de magnitude e duração determinadas sejam igualadas ou ultrapassadas. Já a probabilidade de ocorrência de chuvas seria o oposto do período de retorno, pois determina o intervalo de tempo médio através de



porcentagens. Ambas são medidas estatísticas que se baseiam numa série de dados históricos para determinar os acontecimentos climáticos (HILLESHEIM; NEVES, 2015).

Por exemplo, o período de retorno de uma chuva de alta magnitude pode ser de 100 anos; com a probabilidade de ocorrência (P) é 1/100, ou de 1% anualmente. Isso não significa que, se ocorrer uma chuva forte com esse período de retorno, a próxima acontecerá em cerca de cem anos, mas, significa que todo ano existe 1% de chance de acontecer um evento igual ou maior independentemente de quando foi o último evento igual (ARAÚJO *et al.*, 2016; NOGUEIRA *et al.*, 2016). Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal da precipitação na microrregião de Vitória de Santo Antão empregando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), com vistas à verificação de ocorrências de mudanças nos padrões climáticos da precipitação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área pesquisada é a microrregião de Vitória de Santo Antão que está localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco, na qual compõe os municípios de Chã de Alegria, Glória do Goitá, Vitória de Santo Antão, Pombos e Chã Grande (Figura 1). Os elementos de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram a base climatológica para a elaboração dos parâmetros a serem pesquisados. Dessa forma foram utilizados nesta pesquisa os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1960 a 2015, período de 56 anos, medidos de 5 estações distribuídas na microrregião examinada. Os dados foram obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

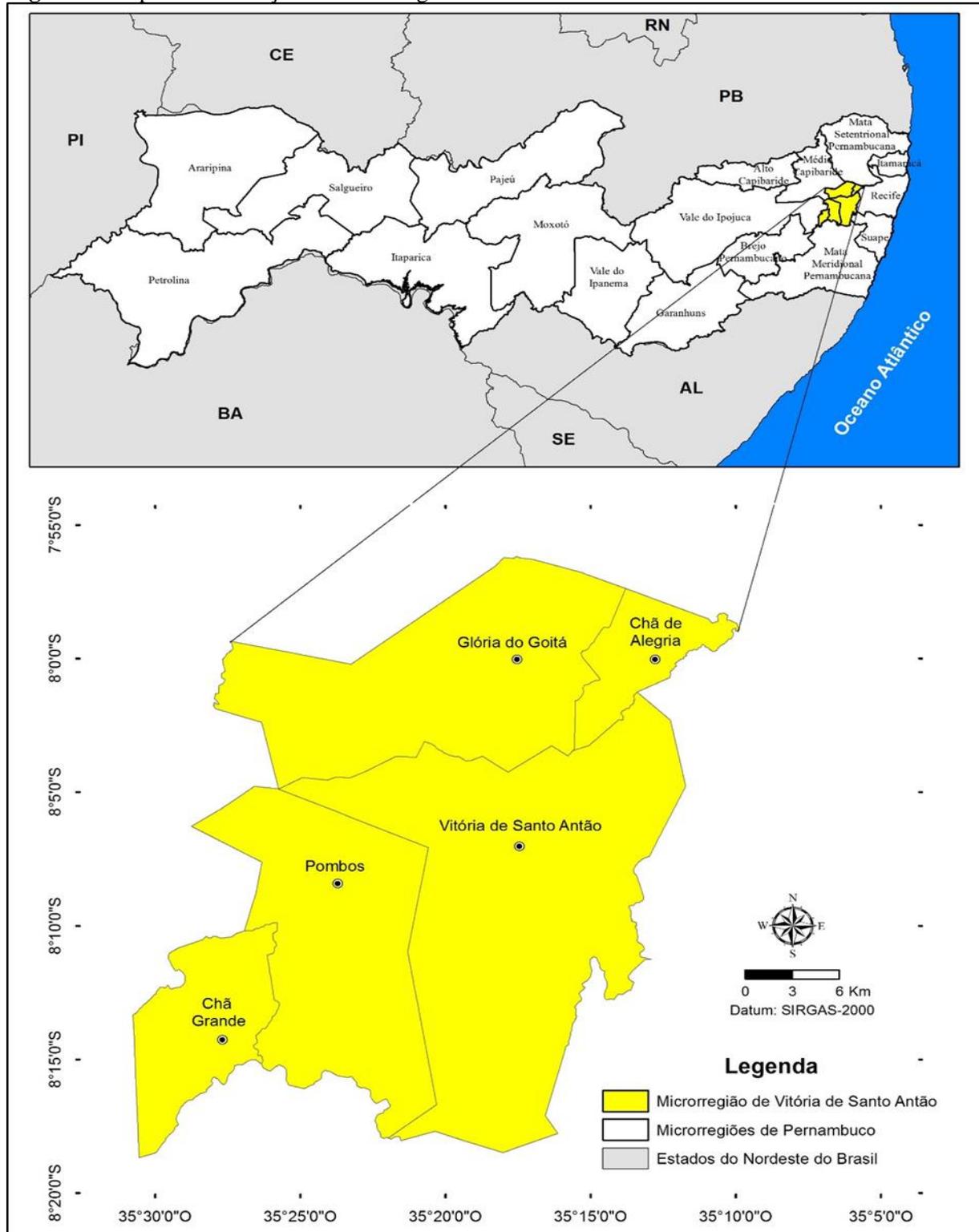
De acordo com Rooy (1965), a base de cálculo do *Rainfall Anomaly Index* (RAI) ou Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é uma técnica eficaz na avaliação da variabilidade sazonal e interanuais da precipitação pluviométrica, sendo possível comparar desvios em relação à condição normal por meio das Equações 1 e 2:

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

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

em que: N = precipitação anual atual (mm); \bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm); \bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e \bar{X} = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Figura 1: Mapa da localização da microrregião de Vitória de Santo Antão



Fonte: Autores



Ressalta-se que o cálculo desse índice depende da média de precipitação da área e que as anomalias positivas e negativas são valores acima ou abaixo da média da média, respectivamente. Assim, assume-se que essa distribuição obedece a uma curva normal, em sino, e que os desvios para seco ou úmido são relativos, em função do comportamento climático dos postos pluviométricos estudados, e não de fato de uma separação entre o que se considera úmido ou seco de uma forma global para o conjunto de tipos climáticos do globo. Os valores do IAC foram ordenados conforme a classificação de anos secos e úmidos proposto por Rooy (1965) com a adaptação de Freitas (2004; 2005) para o NEB (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
	De 4 acima	Extremamente Úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
De -4 abaixo	Extremamente Seco	

Fonte: Araújo; Moraes Neto; Souza (2009, p. 96)

A probabilidade de ocorrência (P), procedimento simples de calcular probabilidade de ocorrência de chuva a partir de uma sequência de valores medidos, foi adquirida por meio do método de ordenação crescente. Com a ordenação dos dados se alcança uma distribuição cumulativa empírica $[m / (n + 1)]$, no qual “m” é o número de ordem do valor escolhido na sequência ordenada, e “n” é o número de dados da série. Assim, a probabilidade de ocorrência (P) de um valor maior crítico será ordenado na sequência de dados em ordem crescente, por meio da equação $P = (m/n + 1) * 100$. Caso na sequência de dados ocorra ausência de chuva (valores nulos), os mesmos serão descartados, considerando-se quantas vezes ocorreu (No), realizando-se posteriormente a ordenação dos valores restantes. Na ocorrência desse fato, a probabilidade de ocorrência (P) de um valor crítico será dada pelo seguinte algoritmo: $P = ((1 - No/n) * (m/n + 1 - No)) * 100$, em que “n” o número total de dados (inclusive os valores nulos). A probabilidade de não chover é dada por No/n (PEREIRA, ANGELOCCI, SENTELHAS, 2002).

Já no período de retorno ou intervalo médio de recorrência (t), o tempo provável é aguardado para que eventos extremos (causadores de impactos socioeconômicos) ocorram novamente. Portanto, para a estimativa de t , em função da ordenação crescente dos dados, foi alcançada por meio da equação: $t = 1 / (1 - P)$. A apreciação de probabilidade e o período de retorno

consistirá na estimativa dos valores superiores ao denominador médio anual da série histórica da precipitação (PEREIRA, ANGELOCCI, SENTELHAS, 2002).

Os resultados obtidos com o IAC, a probabilidade de ocorrência (P) e o período de retorno (t) são analisados e comparados entre os municípios que compõe a microrregião de Vitória de Santo Antão. Já para a obtenção dos dados médios mensais de temperatura do ar das 5 estações pluviométricas foi empregado o *software* Estima_T, o qual estima temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006).

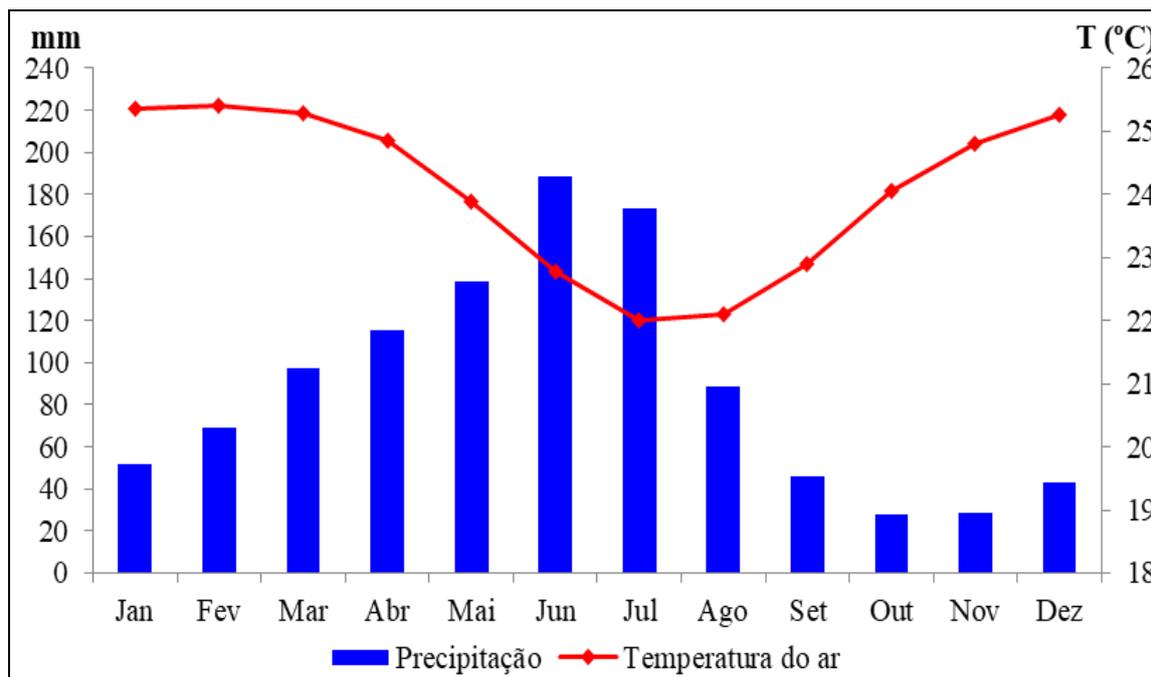
Concluído as etapas anteriores foi realizada a representação espacial dos parâmetros analisados por meio da aplicação da krigagem (método da interpolação). De tal maneira, a produção das cartas temáticas foi executada através do *software* ArcGis 10.3, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise dos dados dos elementos de temperatura do ar e precipitações da série histórica de 56 anos, período de 1960 a 2015, foi possível elaborar o climograma da microrregião de Vitória de Santo Antão (Figura 2). O climograma revela que os meses mais frios do ano foram de junho a setembro com temperaturas médias que não ultrapassaram os 23°C. Os meses que apresentaram o período mais quente do ano vão de dezembro a março com temperaturas em torno dos 25°C. A média de temperatura anual da microrregião de Vitória de Santo Antão é de 24°C.

A análise da precipitação indica que o total médio pluviométrico anual da área é de 1.068 mm, sendo a quadra chuvosa nos meses de abril a julho, responsável por cerca de 58% do total anual de precipitação (616,5mm). O mês com o maior índice de chuva foi junho, com um total de 188,8 mm, já a quadra seca vai de setembro a dezembro, na qual o total precipitado foi 145mm, representando 13,6% do total precipitado anualmente. Outubro foi o mês com a menor precipitação com um total de 27,9 mm.

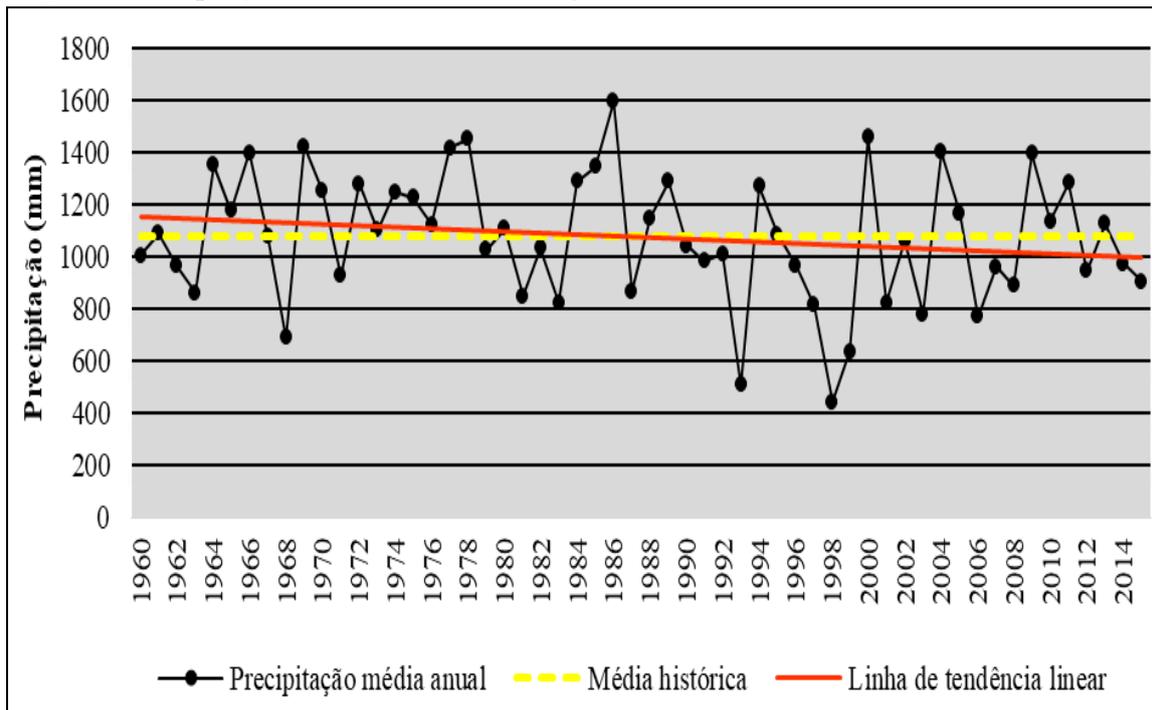


Figura 2: Climograma da microrregião de Vitória de Santo Antão de 1960-2015

Fonte: Autores

A Figura 3 representa a grande variabilidade interanual da precipitação média da microrregião de Vitória de Santo Antão. A precipitação média anual da área avaliada pelo período estudado é de 1.077 mm. Dos 56 anos averiguados 25 anos foram com precipitação inferior à média e 31 anos acima. Contudo, pode-se observar por meio da linha de tendência linear uma diminuição da pluviosidade da região com períodos prolongados de secas extremas (1960-1963, 1979-1983, 1990-1993, 1996-1999, 2006-2008 e 2014).

Até a década de 1970 observa-se uma tendência de aumento das chuvas, porém a partir de 1980 existe uma inversão na tendência tornando-a negativa. Os maiores valores de precipitação observados no período estudado foram nos anos de 1986 (1595 mm), 2000 (1457mm) e 1978 (1450,8mm). Já as menores precipitações da série foram registradas em 1998 (445,2 mm), 1993 (510 mm) e 1999 (636,9 mm). Diversos trabalhos (RIBEIRO, 2016; ALVES *et al.*, 2015; ALENCAR; BARBOSA; SOUSA, 2007) vêm ressaltando a coincidência entre a ocorrência de eventos de El Niño com os períodos secos no NEB, bem como a La Niña, a qual intensifica o período chuvoso. Esse fenômeno atmosférico quando atua sobre o Nordeste Brasileiro desencadeia secas severas, trazendo efeitos negativos na região (MOLION, BERNARDO, 2000; ALENCAR, BARBOSA E SOUSA, 2007).

Figura 3: Precipitação média anual da microrregião de Vitória de Santo Antão de 1960-2015

Fonte: Autores

O Índice de Anomalia de Chuva da microrregião de Vitória de Santo Antão está representado na Figura 4, na qual foi possível averiguar o comportamento das chuvas e correlacioná-lo aos eventos atmosféricos que influenciaram os índices de chuva da região como o EL Niño-Oscilação Sul (ENOS). Na série de 56 anos foi possível observar um total de 27 anos com anomalias negativas, variando entre anos secos (0 a -2), muito secos (-2 a -4) e extremamente secos (acima de -4); e 29 anos com anomalias positivas classificadas em úmidos (0 a 2), muito úmidos (2 a 4) e extremamente úmido (acima de 4).

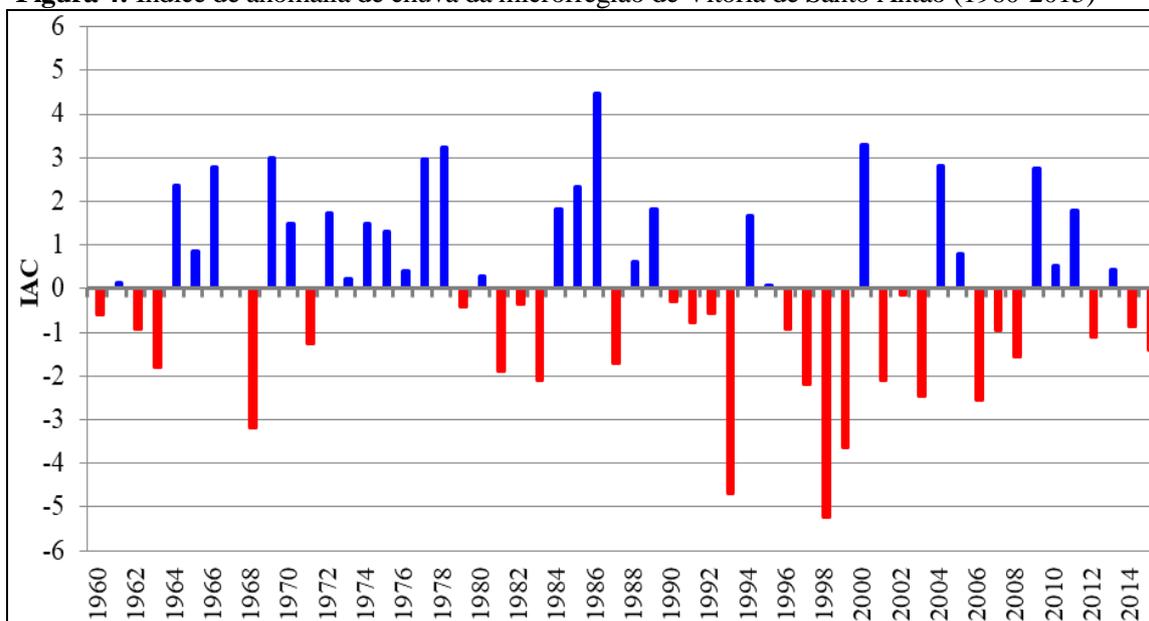
Padrões de períodos secos e chuvosos podem ser observados ao longo da série. Até a década de 1980, mais precisamente até 1989, foi um período predominantemente úmido, pois foram constatados 10 anos de IAC negativos e 19 positivos, além de um ano de precipitação habitual (1967). A partir de 1990 foram observados 17 anos secos e apenas 9 anos chuvosos, tornando a microrregião pesquisada mais seca que o período anterior. Detectou-se dessa maneira uma quebra no padrão da precipitação, possibilitando uma tendência de diminuição das da precipitação.

Os períodos chuvosos podem ser observados entre 1964-1978 (no qual deteve um ano na média histórica e dois anos com inflexões negativas, 1968 e 1971), 1984-1989 (o ano de 1987 foi um ponto de inflexão negativo num período chuvoso) e 2009-2011. Todos os anos apresentaram IAC variando de úmido para muito úmido. O ano de 1986 (4,47 IAC) foi o único como extremamente úmido com uma precipitação de 1.595mm.



Nos anos 90 foi possível observar grande intensidade de anomalias negativas na série com pontos de inflexão acentuados para os anos 1998 com IAC de -5,2 (445,2 mm), 1993 com IAC -4,69 (510,2 mm), classificados como extremamente secos, e 1999 como muito seco, IAC -3,6, sendo a precipitação 637 mm/ano. Esses anos coincidem com a ocorrência do El Niño de intensidade forte (1993, 1998). Em 1997 e 1998 o evento El Niño deu origem a um período severo de seca no NEB que acarretou em efeitos negativos nos ecossistemas aquáticos e perdas significativas na agricultura e pecuária, além de temperaturas altas e uma maior dificuldade na vida do campo (ALENCAR; BARBOSA; SOUSA, 2007). Os períodos observados foram 1960-1963, tendo um ano de inflexão positivo, 1981-1983, 1990-2008, com os anos de 1994, 1995, 2000, 2004 e 2005 como pontos de inflexões positivos, e 2012-2015, sendo 2013 com chuvas um pouco acima da média (1.128mm).

Figura 4: Índice de anomalia de chuva da microrregião de Vitória de Santo Antão (1960-2015)



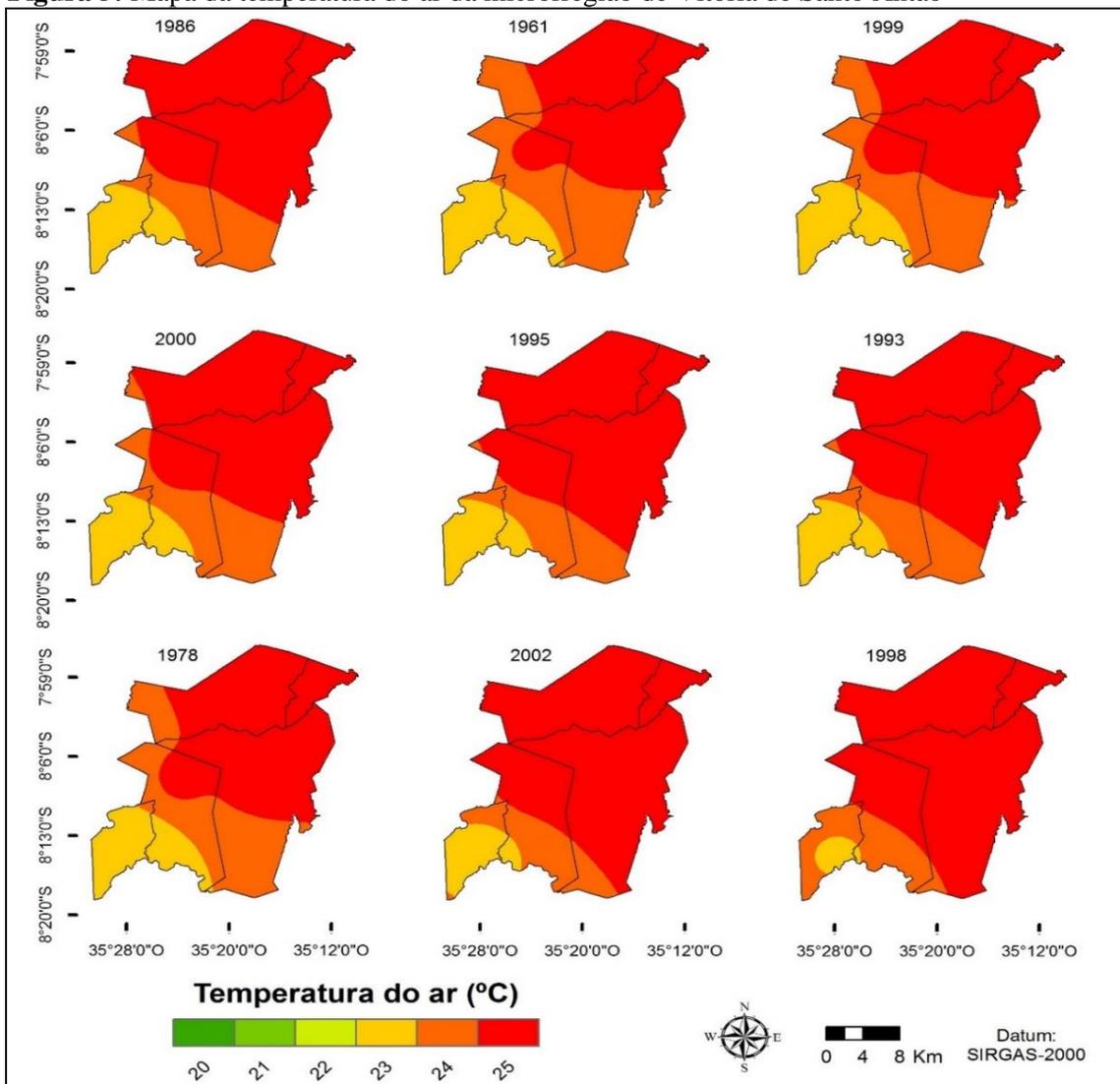
Fonte: Autores

Vários trabalhos (SILVA *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2007 e 2009; RIBEIRO, 2016), também observaram pontos de inflexão ao longo das séries de dados pluviométricos utilizando o IAC no NEB. Ao observar a tendência de modificação das chuvas na região torna-se indispensável a presença de estudos de precipitação, tendo em vista a forte influência da variabilidade pluviométrica nas questões socioeconômicas da microrregião.

Na Figura 5 pode se observar a distribuição espacial da temperatura média do ar, na qual estão representados os anos que obtiveram os maiores (1986, 2000 e 1978), habituais (1961, 1995 e 2002) e os menores (1998, 1993 e 1999) IACs da série histórica. Em todas as imagens as temperaturas médias do ar ficaram acima dos 22°C, como também se percebe uma diminuição da mesma no sentido

nordeste-sudoeste, saindo dos iguais ou superiores 25°C para 23°C. Essa variação se dá pelo aumento da altitude devido os primeiros contrafortes da escarpa de falha do Planalto da Borborema. Segundo Ometto (1981) e Pereira; Angelocci; Sentelhas (2002), a temperatura do ar máximas e mínimas estão relacionadas a variáveis meteorológicas como umidade do ar e do solo, além dos tipos de solo, direção e velocidade dos ventos e parâmetros geográficos como topografia, altitude, latitude e quantidade de insolação da região.

Figura 5: Mapa da temperatura do ar da microrregião de Vitória de Santo Antão



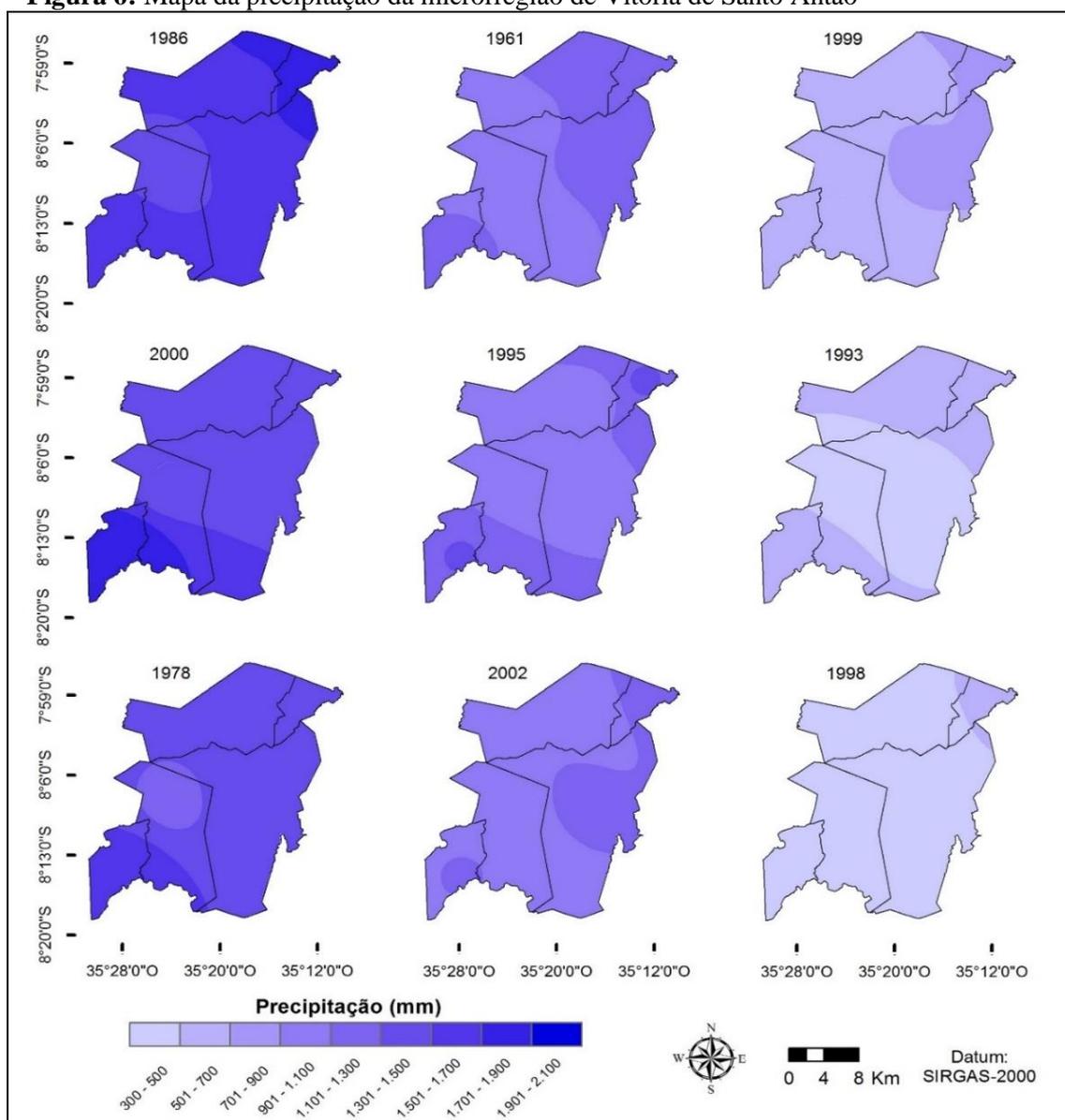
Fonte: Autores

A variação espacial de temperaturas mais amenas, principalmente no sudoeste e sul da microrregião, se dá pelo fato de que nos anos mais úmidos (1986, 2000 e 1978) a banda de nebulosidade é mais espessa e densa, enquanto nos anos mais secos (1998, 1993 e 1999) a radiação solar tem a passagem até a superfície facilitada por haver uma diminuição da nebulosidade (efeito atenuante da



radiação solar). Assim, as elevadas temperaturas do ar irão promover evaporação e evapotranspiração mais acentuadas implicando na acentuada escassez hídrica. Na representação espacial da precipitação da microrregião de Vitória de Santo Antão (Figura 6) observa-se, como dito anteriormente, as maiores precipitações da série nos anos de 1986, 2000 e 1978 com valores médios anuais variando entre 1000 mm a 1900 mm. Em 1986 o setor nordeste da microrregião obteve os maiores valores precipitados na série de 56 anos, com uma média de 1800 mm ao ano.

Figura 6: Mapa da precipitação da microrregião de Vitória de Santo Antão



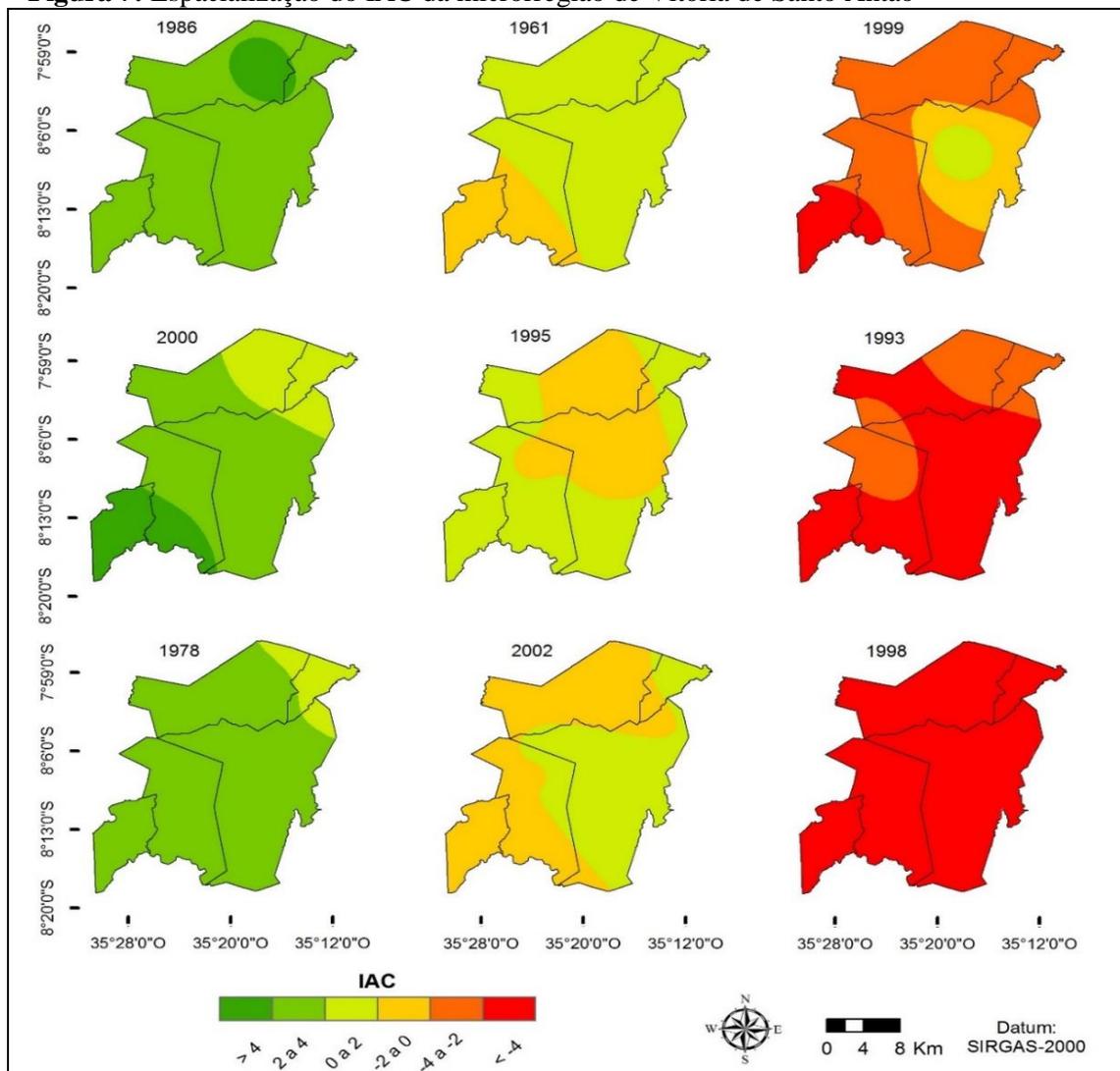
Fonte: Autores

Já os anos de 2000 e 1978 obtiveram as maiores chuvas no setor sudoeste com valores médios ultrapassando os 1800 mm. Os anos de 1961, 1995 e 2002 obtiveram valores médios de precipitação, nas quais ultrapassaram os 1000 mm anuais, mas não atingiram precipitações superiores a 1100mm.

Esses anos apresentaram uma maior concentração de chuva no setor leste, norte nordeste, sul e mais abaixo no setor Sudoeste com valores variando entre 1100 a 1500 mm. Os anos mais secos da série foram 1999, 1993 e 1998 com valores variando entre 400 e 800 mm. O ano que apresentou as maiores anomalias negativas da série foi 1998, no qual as precipitações obtiveram apenas 450 mm, alcançando uma maior concentração de chuvas em uma pequena porção do setor nordeste da microrregião com 531 mm em Chã de Alegria.

A partir da espacialização do IAC (Figura 7) foi possível observar os anos com maiores e menores anomalias da série analisada. Os anos de 1986, 2000 e 1978 obtiveram as maiores anomalias positivas; enquanto os anos de 1961, 1995 e 2002 apresentaram precipitações habituais (chuvas próximas da média histórica); e 1999, 1993 e 1998 foram os anos com índices de anomalias de chuvas mais baixos do período de 1960-2015.

Figura 7: Espacialização do IAC da microrregião de Vitória de Santo Antão



Fonte: Autores



O ano de 1986 foi o mais chuvoso, obtendo um total pluviométrico média para a microrregião de 1.595 mm com IAC chegando a 4,44; sendo o único ano da série que foi classificado com extremamente chuvoso. Visualiza-se que o IAC na área ficou na classe de muito chuvoso (2 a 4), tendo apenas uma porção nos municípios de Glória do Goitá e Chã de Alegria como extremamente chuvoso (IAC superior a 4). O ano de 2000 obteve a segunda maior anomalia com um total de 1.457 mm/ano precipitados para a microrregião, obtendo uma variação do IAC de chuvoso a extremamente chuvoso (sentido nordeste-sudoeste), contudo predominou o muito chuvoso (IAC 2 a 4).

Igualmente ao ano de 2000, 1978 foi classificado como muito chuvoso devido aos 1.450 mm obtidos no ano e um IAC médio de 3,22. O menor índice (0 a 2, apenas chuvoso) observado foi na porção nordeste da microrregião, em que englobou em sua maioria o município de Chã de Alegria e uma pequena parte dos municípios de Vitória de Santo Antão e Glória do Goitá.

Os anos de 1961, 1995 e 2002 são considerados como habituais, ou seja, que possuem precipitações normais, com índices variando entorno de -0,05 a 0,2. Assim, o que se pode observar é a variação do IAC pelo território devido à variabilidade interanual e espacial das chuvas pela região pesquisada. No ano de 1961 as menores precipitações concentraram-se na porção sudoeste, atingindo grande parte de Pombos e todo o município de Chã Grande. Em 1995, o setor centro-norte da microrregião apresentou chuvas abaixo da média (IAC na classe de 0 a -2), entretanto nas bordas da microrregião as precipitações ficaram acima da média histórica. Já em 2002 os territórios mais a oeste e norte foram secos e no centro-leste chuvoso.

Dentre os anos mais secos, o de 1999, o terceiro mais seco da série avaliada, teve apenas 637 mm de precipitação anual. Com esse quantitativo de chuva o IAC médio para o referido ano foi de -3,6, classificando-o como muito seco (-2 a -4). Contudo, na espacialização do IAC as anomalias negativas variaram de seco a extremamente seco, onde as menores precipitações ocorreram no sudoeste. Apenas na região central do município de Vitória de Santo Antão as chuvas ficaram acima da média.

Em 1993 o total pluviométrico foi de 510 mm anuais, sendo classificado como um ano extremamente seco (IAC -4,73), mas nas porções oeste e nordeste forma muito secos, isto é, a intensidade da seca foi menor. Já em 1998 todo o território analisado foi extremamente seco (IAC -5,28), obteve apenas 445 mm de chuva. Segundo Nóbrega e Santiago (2014), o El Niño e o Dipolo do Atlântico quando atuam em conjunto trazem seca para o NEB, como foi observado nos anos de 1993 e 1998, em que o El Niño forte, em conjunto com o Dipolo do Atlântico em sua fase positiva, coincidiram com secas extremas em vários locais do Nordeste. As observações de períodos secos e chuvosos são úteis em projetos de irrigação, abastecimento de água e culturas dependentes da regularidade da chuva

(FREITAS, 2005). Por esse motivo, o conhecimento da distribuição de precipitação torna-se uma informação muito importante no planejamento agrícola e social.

Os valores máximos de precipitação para microrregião, como visto anteriormente, foram os anos de 1986 (1595 mm), 2000 (1457 mm) e 1978 (1450 mm), os quais apresentaram uma probabilidade de ocorrência de 1,8%, 3,5% e 5,3% com o período médio de retorno de 57, 28 e 19 anos, respectivamente. Os municípios de Vitória de Santo Antão, Chã de Alegria, Chã Grande, Gloria do Goitá e Pombos apresentaram as maiores precipitações em 1986, 2009, 2000, 1986 e 1969 com 1.576 mm, 2.524mm (a maior precipitação na microrregião), 1.902 mm, 1.616 mm e 1.625 mm, respectivamente. A probabilidade de ocorrência dessas máximas precipitações municipais é de 1,8% com um período médio de retorno de 57 anos.

Segundo Nogueira *et al.* (2016), é possível observar que existe uma relação quando os valores de precipitações anuais são superiores à média local, menor se torna a probabilidade daquele evento ocorrer novamente nesta região e mais longo se torna o seu período de retorno. Contudo, se esse valor fica abaixo da média, maior se torna a probabilidade de ocorrência e menor é o período de retorno, se tornando eventos mais frequentes. A exemplo dessa explicação, pode-se notar que a menor precipitação da microrregião foi 445 mm em 1998 (ano mais seco), obtendo uma probabilidade de ocorrência de chuva de 31,6 % e um período de retorno de 3,2 anos. Todos os municípios analisados apresentaram médias anuais de precipitação contidas no intervalo de 830 mm a 1250 mm.

Foi possível observar que episódios de chuvas extremas estão relacionados com baixas probabilidades de ocorrência e maiores períodos de retorno, sendo que o t auxilia na previsão de catástrofes (NOGUEIRA *et al.*, 2016). A análise da distribuição de precipitação e sua previsão se tornam cada vez mais indispensáveis não só no planejamento de atividades agrícola, mas em diversas áreas do conhecimento, se tornando fundamental conhecer os recursos hídricos disponíveis para realização de um planejamento agrícola mais seguro e eficaz.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados foi possível constatar que as menores temperaturas do ar e as maiores precipitações ocorreram na porção sudoeste da microrregião de Vitória de Santo Antão, e que tais resultados foram fortemente influenciados pela diferença de altitude que existente na localidade e por eventos atmosféricos que atuaram na região, ocasionando variações na configuração do clima. A variabilidade interanual da precipitação na área é acentuada com tendências de diminuição das chuvas



e com mais anos secos que úmidos. A análise do IAC da microrregião de Vitória de Santo Antão permitiu aferir que as anomalias positivas e negativas estão na maioria das vezes correlacionadas com o EL Niño-Oscilação Sul (ENOS).

Por meio da série histórica de 56 anos foi possível observar a Probabilidade de Ocorrência de Chuvas (P) e o Período de Retorno (t) das mesmas para microrregião de Vitória de Santo Antão, bem como para os municípios que a compõem (Vitória de Santo Antão, Chã de Alegria, Chã Grande, Gloria do Goitá e Pombos). Ao identificar valores extremos de máximas e mínimas precipitações pluviométricas ocorridas foi admissível realizar a probabilidade de ocorrência e o período médio de retorno das chuvas, as quais foram determinadas a partir dos valores anuais de cada município e da microrregião com o objetivo de observar chuvas iguais ou superiores às registradas para cada município. A probabilidade de ocorrência de chuvas e o período médio de retorno se apresentaram como técnicas indispensáveis para a estimativas de eventos climáticos extremos. Tais informações são úteis, pois oferecem suporte para planejamento de políticas e ações públicas e/ou privadas futuras.

Recomenda-se a continuidade de estudos de precipitação na região e o monitoramento de sistemas atmosféricos a fim de auxiliar no planejamento hídrico, bem como na tomada de decisões de políticas agrícolas e de abastecimento d'água para a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. L. S.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, R. F. Efeitos do El Niño de 1997/1998 na produção agropecuária na bacia do Rio Sucuru - Cariri Paraibano. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 8, n. 24, 2007.

ALVES, E. D. L. *et al.* Análise climática da precipitação em Israelândia - GO e Piranhas - GO utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 6, n. 11, 2010.

ALVES, M. F. A. *et al.* Análise do regime hídrico de Patos-PB por meio do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC). **Revista Verde**, Pombal - PB, v. 10, n. 4, p. 42 - 46, 2015.

ARAÚJO, L. E *et al.* Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação na Bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, Recife-PE, vol. 1, 2007.

ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F. Influência da variabilidade climática sobre a distribuição espaço-temporal da precipitação na região do baixo Paraíba (PB). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 37, p. 289–304, 2011.

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

ARAÚJO, Y. P. *et al.* Probabilidade de ocorrência e tempo de retorno da precipitação em diferentes ambientes no Estado de Pernambuco. **I CONIDIS**, 2016.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Brasil, v. 10, n. 1, p. 140 – 147, 2006.

DA SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

DA SILVA, D. F. *et al.* Influência da variabilidade climática global e de suas escalas temporais sobre a precipitação no Alto Mundaú (PE). **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife-PE, v. 2, n. 03, p. 64-82, 2009.

DA SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; NÓBREGA, R. S. Influência da variabilidade climática e da associação de fenômenos climáticos sobre sub-bacia hidrográficas do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 19, 46 - 56, 2011.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semiáridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

FREITAS, M. A. S. A. Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. **Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses**, Puerto Iguazú. v. 1., p. 1., 2004.

HILLESHEIM, W. T.; NEVES, L. O. Análise frequencial e distribuição temporal das chuvas na região de Rio do Sul/SC. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37. Ed. Especial SIC, p. 119 – 124, 2015.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE E. R. P. Índice de Anomalia de Chuvas do Estado do Tocantins. **Geoambiente**, Jataí - GO, n. 19, p. 55–71, 2012.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 1334-1342, 2000.

NOGUEIRA, M. R. L. *et al.* Probabilidade de ocorrência de chuva em municípios do Semiárido Pernambucano. **Pensar Acadêmico**, Manhuaçu, v. 14, n. 1, p. 24-36, 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. *et al.* Análise de Homogeneidade de Séries Pluviométricas para Determinação do Índice de Seca IPP no Estado de Alagoas. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1; p. 101-112, 2012.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**, São Paulo: Ceres, 1981.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba - RS, 2002.

RIBEIRO, E. P. **Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.



RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; F. O. MOTA FILHO. Spatiotemporal Rainfall Variability in the Pajeú River Basin, Pernambuco, Brazil, **Journal of Environmental Hydrology**, v. 23, Paper 2, 2015.

ROOY, M. P. V. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. Notes, v.14, 1965.

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

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e a organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, n. 1, p. 119–131, 1998.

SOUZA, A. B.; DA SILVA, D. F. Índice de anomalia de chuva aplicado à bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe (CE). **Anais... Juazeiro do Norte - CE**, p. 1 - 5, 2012.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), para os quais apresentamos nossos agradecimentos pela colaboração.

Recebido em 20 de maio de 2018

Aprovado em 12 de julho de 2018