

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) COMO INDICADOR PARA ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ-PE

Janaina Maria Oliveira de Assis^{1}; Werônica Meira de Souza²; Maria do Carmo Martins Sobral³; Gustavo Lira de Melo⁴; Ricardo Alexandre Irmão⁵*

Resumo - A análise do comportamento da precipitação se torna indispensável, uma vez que visa detectar alterações no clima, em escala local ou regional. Nesse contexto, este artigo aborda o semiárido nordestino, Sertão de Pernambuco, com recorte espacial da bacia hidrográfica do rio Pajeú. Foram analisados totais anuais de precipitação de nove postos pluviométricos espacialmente distribuídos na área da bacia, no período de 1960 a 2012. Este trabalho tem como objetivo principal analisar como a variabilidade climática influencia a precipitação local e como ocorre a variabilidade espaço-temporal das chuvas na região, utilizando o Índice de Anomalia de Chuva – IAC. Pode-se observar a variação de anos secos e chuvosos na região ao longo do período estudado, assim como sua intensidade. Os resultados mostraram que até a década de 1980 prevaleceram os anos chuvosos, entretanto intercalados por anos secos. A partir da década de 1980, passou a predominar os anos secos, sobretudo entre 1990-2000, onde foram registrados oito anos secos contra apenas dois chuvosos.

Palavras-Chave: Bacia hidrográfica, precipitação, semiárido.

RAIN ANOMALY INDEX (IAC) AS AN INDICATOR FOR ANALYSIS OF CLIMATE VARIABILITY IN THE RIVER BASIN PAJEU-PE

Abstract: The behavior of the precipitation becomes indispensable, since it aims to detect changes in climate, in local or regional scale. In this context, this article discusses the semi-arid northeast, Pernambuco Outback with spatial area of river basin Pajeú. We analyzed total annual rainfall of nine spatially distributed rain gauges in the basin in the period 1960-2012. This paper aims at analyzing how climate variability influences local rainfall occurs and how the spatio-temporal variability of rainfall in the region, using the index rainfall anomaly - IAC. Can observe the variation of dry and rainy years in the region over the period studied, as well as its intensity. The results showed that until the 1980s prevailed wet years, however interspersed with dry years. From the 1980s, became predominant dry years, especially between 1990 to 2000, which were recorded eight years against only two dry rainy.

Keywords: hidrographic basin, rainfall, semiarid

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFPE, Recife, Pernambuco - Brasil. Email: janna.assis@yahoo.com.br*

² Professora da Unidade Acadêmica de Garanhuns – UAG/UFRPE, Garanhuns, Pernambuco - Brasil. Email: weronicameira@gmail.com

³ Professora do Departamento de Engenharia Civil/UFPE, Recife, Pernambuco - Brasil. Email: msobral@ufpe.br

⁴ Pós-Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFPE, Recife, Pernambuco - Brasil. Email: gustmelo@gmail.com

⁵ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares/UFPE – Brasil. Email: rainmão@gmail.com

1 - INTRODUÇÃO

Os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos são amplamente discutidos em diversos níveis e seus efeitos são repercutidos em escala global. De acordo com o IPCC (2007), as regiões áridas e semiáridas são as que mais sofrem os impactos das mudanças do clima, uma vez que são mais vulneráveis às variabilidades pluviométricas e às altas temperaturas. Dessa maneira as regiões áridas e semiáridas apresentam maiores possibilidades de ocorrência de secas mais intensas e prolongadas.

Na América Latina, observam-se alterações do clima, principalmente, no ciclo hidrológico e na temperatura média (IPCC, 2007). Fatores como o desmatamento e o mau uso dos ecossistemas, potencializam os efeitos no sistema climático global. Em áreas vulneráveis com ecossistemas frágeis, tais como o semiárido do Nordeste do Brasil, os impactos devem ser mais intensos, devido à soma das ações antrópicas tais como desmatamento do bioma e mau uso do solo nos ecossistemas locais (SANTOS e BRITO, 2007). Para analisar as mudanças climáticas sobre o Nordeste do Brasil, é importante identificar os processos que influenciam o padrão das distribuições pluviométricas tanto espacial quanto temporal. Um fator relevante a ser destacado nesse contexto, é a irregularidade na distribuição dos índices pluviométricos, associado à alta variabilidade interanual da precipitação na região tropical, com anos secos e outros chuvosos. Diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o Nordeste do Brasil, dentre os quais, podem ser citados, a flutuação nos valores de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Tropical e do Atlântico.

Com base nesta precipitação irregular, é necessário realizar um monitoramento através de índices climáticos, uma vez que, através deles se pode desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos de seca ou chuvosos, com informações anuais ou mensais, com as quais se pode conhecer intensamente a climatologia de uma determinada região e verificar os impactos que o clima causa sobre a distribuição pluviométrica, através da regionalização da precipitação (ARAÚJO et al., 2009).

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é uma metodologia que vem sendo aplicada e difundida no Nordeste do Brasil para caracterizar os períodos extremos (secos e chuvosos), assim como as diferentes intensidades desses eventos no tempo e no espaço. Um ponto crucial no emprego de um índice como esse, assim como de qualquer outro índice climático, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. Nesse sentido, Freitas (2004 e 2005), observou que com base no mesmo 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.

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo investigar, através de séries temporais de precipitação, como se dá a variabilidade espaço-temporal das chuvas na bacia hidrográfica do rio Pajeú e caracterizar os períodos secos e chuvosos, assim como sua intensidade. Para esses fins, utilizou-se o índice de Anomalia de Chuva (IAC).

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

Este artigo tem como objeto de estudo a bacia hidrográfica do rio Pajeú, localizada no Sertão do estado de Pernambuco, na porção semiárida do Nordeste brasileiro (Figura 1). Localiza-se entre

as coordenadas 07°16'20" e 08°56'01" de latitude sul, e 36°59'00" e 38°57'45" de longitude oeste, especificamente nas mesorregiões do Sertão Pernambucano e do São Francisco. Envolvendo as microrregiões do Pajeú, em sua totalidade, e parte do sertão do Moxotó, Salgueiro e Itaparica. Possui uma área de 16.685,63 km², o que equivale a 16,9% da área total do estado de Pernambuco, se caracterizando por ser a maior bacia hidrográfica do estado de Pernambuco, em extensão territorial.

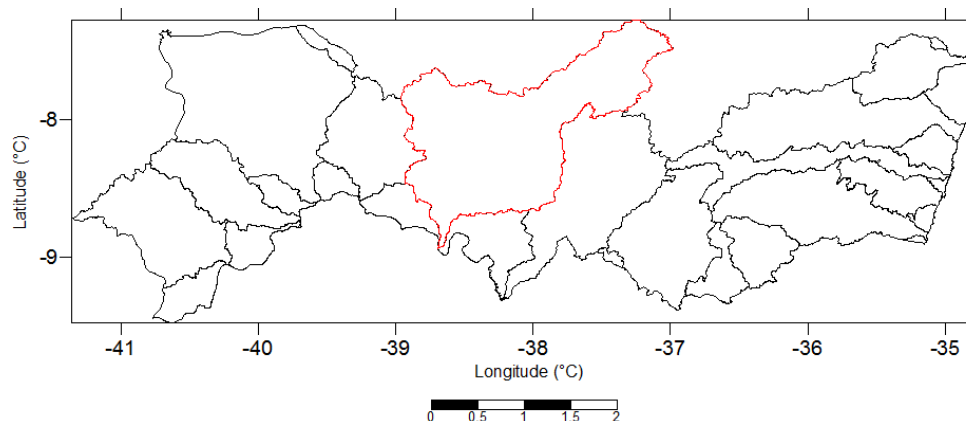


Figura 1. Mapa de localização da bacia do Pajeú-PE

Do ponto de vista climático, a área da bacia é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas e apresenta como principal período chuvoso os meses de janeiro a abril. As chuvas que ocorrem no Sertão tem sua origem nas frentes frias, nos vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS) e na zona de convergência intertropical (ZCIT), sendo esse último sistema, o principal sistema de produção de chuvas no semiárido de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2006). O início das chuvas no Sertão de Pernambuco ocorre em dezembro (extremo oeste) e está associado às instabilidades das frentes frias e aos VCAS. A partir de fevereiro ou março, dependendo do ano, a ZCIT começa a atuar em todo o Sertão, que já se encontra em seu principal período chuvoso. Os totais pluviométricos anuais oscilam, geralmente, entre 400 e 1200 mm

A estação seca pode se prolongar por 7 a 10 meses e a semiaridez é bem acentuada na parte mais baixa, próximo ao rio São Francisco, onde denominam totais anuais entre 400 e 500 mm. Para o norte, as precipitações aumentam atingindo médias entre 700 e 800 mm. A mesorregião do sertão pernambucano, onde está inserida a bacia em estudo, está inserida em uma região com clima do tipo BSw'h' e BSw'h', quente e seco, segundo a classificação climática de Köppen. O clima é tropical tendendo a seco, isso se dá em função da irregularidade da ação das massas de ar (Tropical e Equatorial). O tipo climático BSw'h' se caracteriza como clima semiárido, quente, tipo estepe, com estação chuvosa retardada para outono. O mês mais frio apresenta temperatura superior a 18°C. As mesmas características se observam para o tipo climático BSw'h', no entanto, este tem a estação chuvosa no verão, apresentando um inverno seco e um verão que concentra toda a precipitação anual (PERNAMBUCO, 2006).

2.2 - Dados pluviométricos

Foram utilizados nessa pesquisa, os totais anuais de precipitação pluviométrica, estes dados foram obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Foram selecionadas nove estações pluviométricas, distribuídas em nove diferentes municípios, que representaram a bacia do Pajeú e apresentaram uma boa distribuição espacial. O período de tempo dos dados pluviométricos

utilizados na pesquisa é referente a 52 anos, que compreende de 1960 a 2012. A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos municípios selecionados.

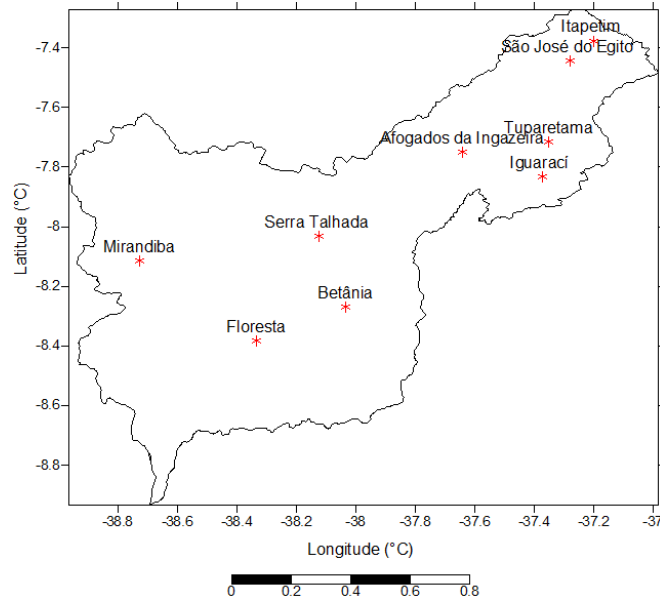


Figura 2. Distribuição espacial das estações pluviométricas na bacia do Pajeú-PE.

2.3 - Índice de Anomalia de Chuva - IAC

O IAC analisa a frequência que ocorrem anos secos e anos chuvosos e a intensidade do evento. A partir da metodologia de Rooy (1965) e adaptado para o Nordeste do Brasil por Freitas (2004), avalia-se a variabilidade climática através da confecção dos índices climáticos espacializados no tempo e no espaço, detectando períodos considerados extremamente úmidos ou secos.

A avaliação do grau de severidade e duração dos períodos secos e úmidos será feita através do cálculo do índice IAC, (FREITAS 2004 e 2005), obtido a partir das equações:

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

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

Sendo:

N = precipitação anual (mm);

\bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm);

\bar{M} = média das 10 maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

\bar{X} = média das 10 menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Anomalias positivas são valores acima da média histórica e anomalias negativas são valores abaixo da média histórica de precipitação. A partir da metodologia proposta por Freitas (2004 e 2005) e Araújo et al. (2007), foi utilizada a classificação de anos secos e úmidos como indicador climático para a intensidade destas anomalias, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Classes de Intensidade do índice de Anomalia de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
	Acima de 4	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito seco
	Abaixo de -4	Extremamente Seco

Fonte: Araújo et al. (2007)

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do IAC permitiu identificar padrões ou mudanças no comportamento da chuva, além de avaliar a distribuição espacial da mesma. Assim com a aplicação dos IACs determinou-se a severidade dos ciclos secos e úmidos na bacia do Pajeú. Dessa forma, é possível observar valores positivos de IAC, que significa que o ano foi chuvoso, se classificando entre chuvoso e extremamente chuvoso. Da mesma maneira, os valores negativos de IAC representam os anos secos, se classificando entre secos e extremamente secos (Figura 3).

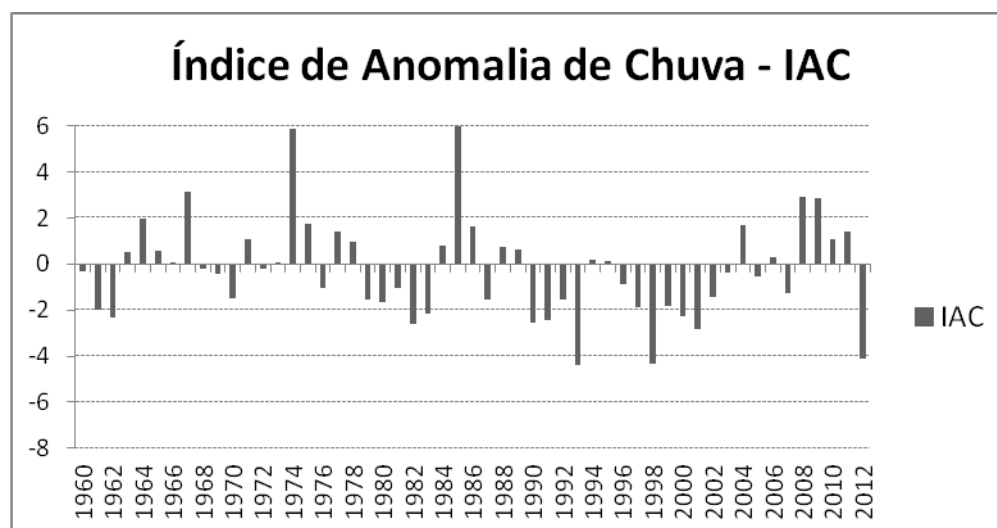


Figura 3. Índice de Anomalia de Chuva na bacia do Pajeú.

A Figura 3 mostra o IAC entre os anos de 1960 a 2012, onde se observa que até a década de 1980 os valores positivos eram em maior número, entretanto com alternância dos valores negativos. A partir desta década ocorreu uma modificação no padrão da precipitação na bacia do Pajeú, porém que se tornou mais evidente a partir da década de 1990, onde se observa que entre 1990-2000, houve oito anos secos contra apenas dois anos úmidos. Entre estes oito anos secos, quatro deles se classificaram entre muito secos a extremamente secos, caracterizando que essa década foi bastante

seca em toda a área da bacia. De acordo com o CPTEC/INPE (2007), a década de 1991-2000 foi uma das mais secas já registradas no Nordeste do Brasil.

Ainda na análise da Figura 3, comparando-se todo o período estudado (1960 a 2012), verifica-se que houve mais anos secos do que anos úmidos. Dessa forma, Assis (2012), em estudo para as bacias hidrográficas do Pajeú e Brígida – também localizada no Sertão de Pernambuco – encontrou tendência de diminuição da precipitação e aumento do número de dias secos ao ano entre os anos de 1964 a 2004, o que evidencia os resultados encontrados nessa pesquisa.

No intuito de estabelecer a variabilidade espacial e temporal do IAC e sua área de abrangência tanto positiva quanto negativa, foram selecionados dois anos que seguem a classificação de intensidade de IAC estabelecida na Tabela 1, sendo um mais úmido e outro mais seco da área e do período estudado. A Figura 4 mostra o ano seco de 1993, o qual obteve maior quantidade de IAC negativos para toda a região da bacia hidrográfica do rio Pajeú.

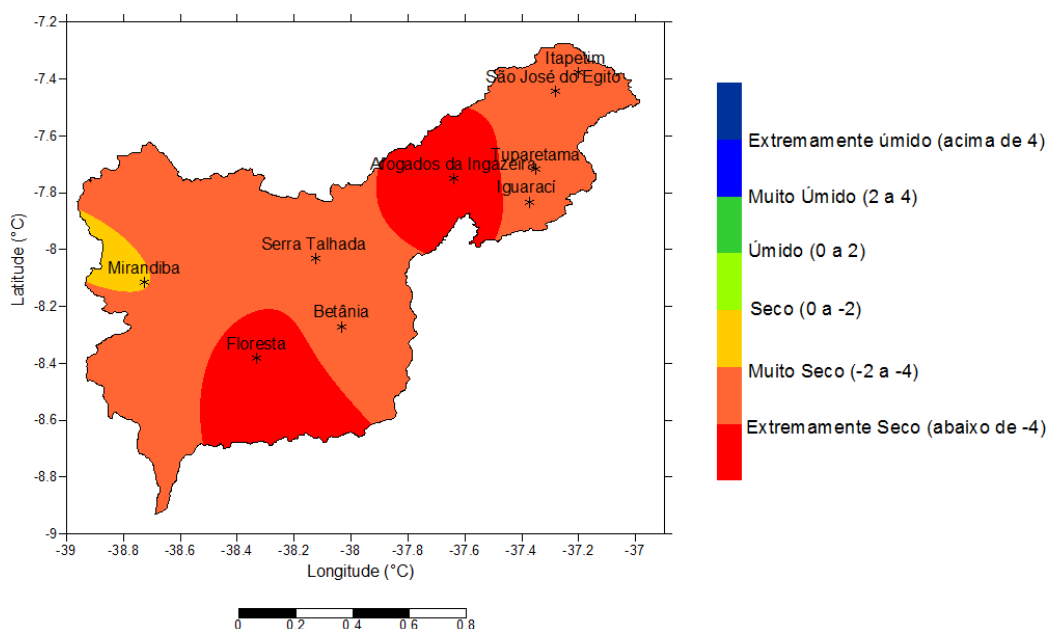


Figura 4. Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia do Pajeú-PE, para o ano de 1993

Conforme se observa, fica evidente que a maior área da bacia se enquadra em um ano Muito seco, com uma grande intensidade em sua classificação espacial, no entanto apresenta outras classificações observadas ao sul e a leste da bacia, como um ano Extremamente seco. Apresenta em apenas em uma pequena porção da bacia do Pajeú, localizada a oeste, classe de intensidade Seco, se mostrando mais próximo à normalidade. Evidencia-se que, por essa classificação, o ano de 1993 foi seco em sua totalidade na bacia hidrográfica do Pajeú, isso se explica devido à atuação de um El Niño muito forte que teve início entre os anos 1990 e 1993 (CPTEC/INPE, 2000), causando, dessa forma, pouca precipitação na região semiárida do Nordeste brasileiro, incluindo o Sertão do estado de Pernambuco, onde se localiza a bacia hidrográfica do Pajeú. Este resultado apresentado concorda com Araujo et al. (2009) em seu estudo para o semiárido da Paraíba, na bacia hidrográfica do rio Paraíba, que encontrou valores de IAC negativos para o ano de 1990.

A Figura 5 mostra o ano de 1985, que se classificou como um ano úmido em toda região da bacia hidrográfica do rio Pajeú. Esses valores positivos de IAC são explicados pela atuação do fenômeno La Niña, embora de intensidade fraca, que ocorreu entre os anos de 1984-1985 (CPTEC/INPE, 2000). Conforme apresentado, a maior parte da bacia se enquadra em um ano Muito

úmido, intercalado por um ano úmido à oeste e sudeste da bacia e em menor proporção por um ano Extremamente úmido a extremo leste da bacia do Pajeú.

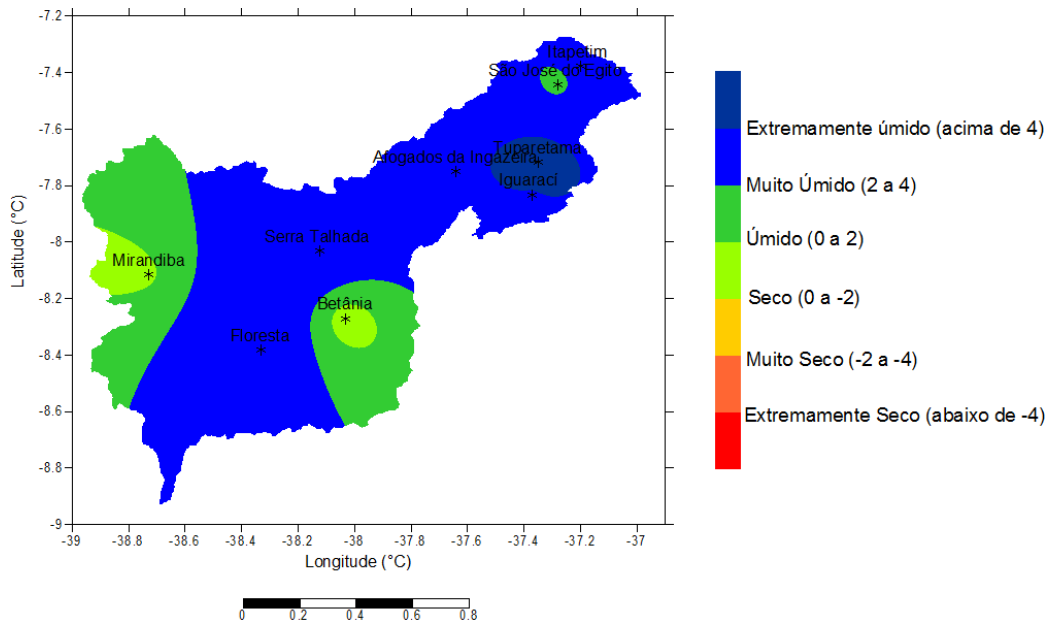


Figura 5. Classificação do Índice de Anomalia de Chuva da bacia do Pajeú-PE, para o ano de 1985

4 - CONCLUSÕES

Considerando o fato de que os eventos nas escalas temporais interanuais e decenais contribuem para a variabilidade da precipitação de um determinado local, o monitoramento destes eventos se torna de extrema importância para a compreensão das condições climáticas nessa área. Dessa forma a previsão e monitoramento de períodos de secas ou períodos chuvosos são particularmente úteis, uma vez que auxiliam na gestão dos recursos hídricos, como abastecimento de água de grandes cidades e projetos de irrigação, por exemplo.

No caso da variação espacial e temporal do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na bacia hidrográfica do rio Pajeú, os valores obtidos evidenciaram que até a década de 1980 prevaleceram os anos Úmidos, com valores positivos em maior número, entretanto sendo intercalados por anos Secos e, conseqüentemente, valores de IAC negativos. A partir da década de 1980, passou a ser evidenciado o aumento de anos secos em relação aos anos chuvosos, apresentando uma modificação no padrão da precipitação, ou seja, os anos secos passaram a predominar, sobretudo entre as décadas de 1990-2000, em que ocorreram 8 anos secos e apenas 2 anos chuvosos. Os anos de 1985 e 1993 se destacaram como ano mais chuvoso e ano mais seco, respectivamente, tendo ambos influência dos fenômenos La Niña e El Niño, que colaboraram para as características climáticas apresentadas.

Neste trabalho, procurou-se mostrar que o cálculo do IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para auxiliar o acompanhamento climático e a variabilidade pluviométrica de uma determinada área, que pode ser uma bacia hidrográfica, podendo auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos e, então empreender ações de adaptação e mitigação.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. (2009). Análise Climática da Bacia do rio Paraíba – índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Revista de Engenharia Ambiental*, v. 6, n. 3, p. 508-523.
- ARAÚJO, L. E.; DA SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. (2007). Análise da Variabilidade Espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC, *Revista de Geografia da UFPE*, v. 24, p 47 a 59.
- ASSIS, J. M. O. (2012). Análise de Tendências de Mudanças Climáticas no Semiárido de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. 166 f., Recife-PE.
- CPTEC/INPE (2000). *El Niño*. Boletim Informativo do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais, 2000. Disponível em http://www.cptec.inpe.br/enos/globo_elnino.shtml. Acesso em: 12 de Setembro.
- CPTEC/INPE (2007). Relatório do Clima do INPE. Caracterização do clima atual e definições das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. In: *Mudanças Climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade*. São Paulo.
- FREITAS, M. A. S. (2004). A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Paraíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. In: *Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses*. Puerto Iguazú : CACIER, v. 1.
- FREITAS, M. A. S. (2005). Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões SemiÁridas. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, p. 84-95.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. (2007) *Climate Change – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University. Press, Cambridge.
- PERNAMBUCO. (2006). Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. *Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco*. Simone Rosa da Silva (Org.), Recife: Ed. A secretaria.
- ROOY, M.P. VAN (1965). *A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, Notes*, 14, 43.
- SANTOS, C. A., BRITO, J. I. B. (2007). Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 3.