

RESPOSTA HIDROLÓGICA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM CAPANEMA-PA – UM MUNICÍPIO DA AMAZÔNIA

Hydrological response to climate change in an Amazon City

Artur Sales de Abreu Vieira
Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará
a-sales@hotmail.com

Diêgo Lima Crispim
Doutorando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará
dlimacrispim@gmail.com

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues
Doutorando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará
rssr@ufpa.br

Irlane Quaresma da Silva
Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará
irlaniquaresma@yahoo.com.br

Francisco Carlos Lira Pessoa
Professor da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará
fclpessoa@ufpa.br

RESUMO: A precipitação está fortemente relacionada com os fatores climáticos que contribuem para sua formação, sendo muito variável no tempo e espaço. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise temporal da variabilidade pluviométrica no município de Capanema-PA na escala mensal e interanual. A cidade de Capanema está localizada no estado do Pará, e dentro dos limites da bacia amazônica. Foram utilizados dados de precipitação obtidos do Sistema de Informação Hidrológica da Agência Nacional de Águas (ANA) no período de 1975 a 2005. Para identificar a existência de uma tendência nas séries temporais, foram utilizados os testes de Mann Kendall e Spearman, estatística descritiva. Posteriormente, foi medido o "ano padrão" utilizando uma metodologia proposta por Monteiro (1976). Os resultados mostraram que os anos de chuvosos foram 1975 e 1985, e os anos menos chuvosos foram 1983, 1992 e 2004. Os testes não paramétricos indicaram uma tendência de precipitação, mesmo tempo em que os níveis de chuvas estão diminuindo timidamente ao longo dos Anos Verificou-se que o maior número de eventos extremos ocorre na estação seca. Pode-se concluir que o município apresenta grande vulnerabilidade a eventos atípicos, nos meses mais secos, especialmente no mês de outubro.

Palavras-chave: Precipitação; Variabilidade; Mann Kendall; Spearman; Gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT: Precipitation is strongly related to climatic factors that contribute to its formation, being very variable in time and space. The objective of this work was to perform the temporal analysis of rainfall variability in the municipality of Capanema-PA on the monthly and inter-annual scale. The city of Capanema is located in the state of Pará and within the limits of the Amazon basin. Rainfall data were obtained from the National Water Agency (ANA) Hydrological Information System from 1975 to 2005. To identify the existence of a trend in the time series, Mann-Kendall and Spearman's tests, descriptive statistics, were used. Subsequently, the "standard year" was measured using a methodology proposed by Monteiro (1976). The results showed that the rainy years were 1975 and 1985, and the least rainy years were 1983, 1992 and 2004. Non-parametric tests indicated the tendency of precipitation, even when rainfall levels are decreasing timidly over the years. A Number of extreme events occur in the dry season. It can be concluded that the municipality presents the great vulnerability to atypical events, in the driest months, especially in the month of October.

Keywords: Precipitation; Variability; Mann Kendall; Spearman; Water resource management.

INTRODUÇÃO

A precipitação está intimamente ligada a fatores climáticos que contribuem para sua formação. Como um processo dinâmico e mudanças constantes na forma e intensidade, a precipitação é, geralmente, medida em estações pluviométricas. As medições detalhadas da precipitação variam no tempo e espaço compreendendo em implicações sociais e econômicas. Quando tal variabilidade é conhecida, podem ser previstos eventos extremos, incluindo seca e inundações, requisitos para irrigação, hidroeletricidade e outros projetos envolvendo recursos hídricos (COE et al., 2009).

A Oscilação do Sul do El Niño (ENOS) é uma anomalia da temperatura da superfície do mar que ocorre em diferentes regiões do Pacífico e provoca o aquecimento/arrefecimento da água da região. Sendo negativo (fenômeno de El Niño) e positivo (La Niña). O ciclo hidrológico e especialmente a pluviosidade pode ser afetada por alterações naturais e humanas, em particular as anomalias meteorológicas no oceano Pacífico (ENOS). Impactos dos fenômenos El Niño e La Niña têm sido observados nas diferentes regiões do país, mais intensamente nas regiões Norte, Nordeste e Sul do Brasil. Se o El Niño aumentar em frequência ou intensidade no futuro, o Brasil ficará exposto a secas ou enchentes, e onda de calor mais frequente. Porém, a incerteza de que estas mudanças aconteçam ainda é grande e alguns extremos do clima podem acontecer independentemente da presença desses eventos (MARENGO et al., 2007).

De acordo com a natureza aleatória dos dados hidrológicos, as técnicas estatísticas são as mais apropriadas para análise. Elas permitem que os aspectos mais relevantes sejam observados, delineando a estrutura do fenômeno. Sua aplicação vai desde a simples representação gráfica, passando pela análise exploratória dos dados, até a sofisticada inferência estatística (TUCCI, 2012).

Outro aspecto importante é a aplicação de diferentes técnicas que são utilizadas para diagnosticar tendências e/ou variações hidrometeorológicas, especialmente de temperatura e precipitação, que são os principais parâmetros envolvidos nas variações climáticas. O interesse pelas técnicas estatísticas tem aumentado consideravelmente, entre elas os testes estatísticos de Mann-Kendall e Spearman. Estes testes permitem, satisfatoriamente, indicar tendências em séries hidrológicas, mas não fornece nenhuma estimativa da magnitude dessas tendências (YUE et al., 2002).

A importância da pluviosidade e o conhecimento da sua variabilidade são altamente relevantes para o zoneamento agrícolas, abastecimento público, análise de impactos ambientais, atividade de manejo e planejamento dos recursos hídricos como, por exemplo, a problemática de enchentes e processos erosivos. Desta forma, Sant'Anna Neto (1998) considera que tanto a radiação global quanto os principais elementos do clima passam a ser considerados como agentes econômicos, portanto, intervenientes na produção e rentabilidade.

Capanema é um município altamente estratégico para o nordeste paraense, principalmente da região Bragantina, uma vez que suas principais atividades sociais e econômicas dependem diretamente dos seus recursos hídricos. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em determinar a variabilidade da precipitação pluviométrica

mensal e interanual do município, utilizando a única estação pluviométrica em operação de Capanema, de modo a detectar os padrões predominantes de pluviosidade existente, analisar influência dos eventos El Niño e La Niña e considerar a importância da tendência nas séries pluviométricas, realizando testes de Mann-Kendall e Spearman. Possibilitando a compreensão para estudos subsequentes a respeito dos padrões de chuvas, bem como para a tomada de decisões de políticas e planejamento racional referente aos recursos hídricos no município.

MATERIAIS E MÉTODOS

Características do município de Capanema

Atualmente o Município de Capanema é constituído pelos Distritos de Capanema Sede, Tauarí e Mirasselas, compõe o Polo Amazônia Atlântica pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense e à Microrregião Leste Paraense Zona Bragantina, com uma área territorial de 619,70 km². A estação pluviométrica (Cód.: 147002) utilizada neste trabalho situa-se a uma latitude 01°12'10,8"S e a uma longitude 47°10'42,96"O (Figura 1). De acordo com o IBGE (2010) o município tem população de 66.353 de habitantes. A principal atividade econômica é o comércio, exploração de calcário para fabricação de Cimento *Portland*, plantios agrícola e pecuária de leite e corte.

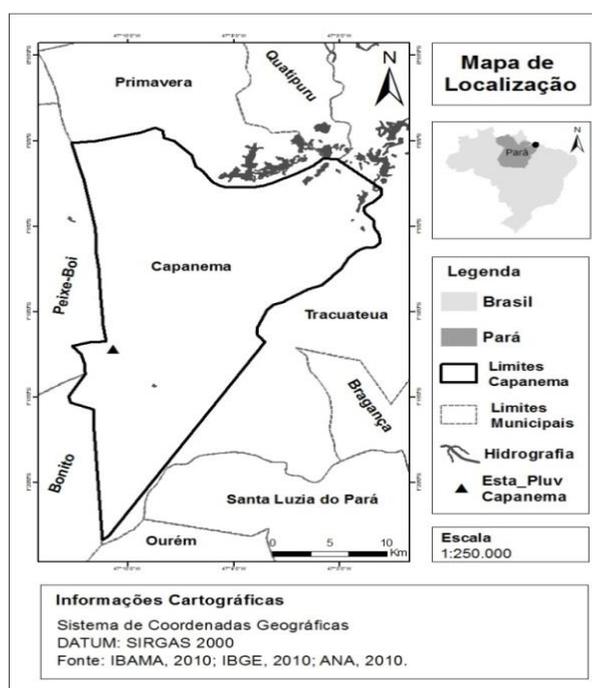


Figura 1. Localização do município de Capanema-PA e da estação Cód.: 147002
Fonte: Elaborado pelos autores.

O Município de Capanema é formado pelos rios Quatipuru e Açaiteua, tendo ainda os lagos Açú (Alagado) e Segredo do Vale Santa Heleno. A topografia atesta uma altitude média de 32 metros, com solos bem desenvolvidos, profundos, drenados, bastante ácidos e porosos de baixa vulnerabilidade à erosão, caracterizados pelo latossolo amarelo, podzolhidromórfico, textura média, areia quartzosa, solos aluviais e também são encontrados solos hidromórficos indiscriminados, pouco desenvolvidos, profundos e marinhos (CAPANEMA, 2011).

Banco de dados

A base de dados hidrológicos foi coletada durante um período de 31 anos (1975-2005). O levantamento das estações pluviométricas utilizadas para a pesquisa foi obtido no HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas que está inserida no centro do município objeto deste trabalho.

A análise de variabilidade interanual das precipitações pluviométricas foi relacionada aos anos de ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña (Tabela 1).

Tabela 1. Anos de ocorrência de El Niño e La Niña e intensidades, para 1975 a 2008.

El Niño		La Niña	
Anos	Intensidades	Anos	Intensidades
1977-1978	Fraco	1975-1976	Forte
1979-1980	Fraco	1984-1985	Fraco
1982-1983	Forte	1988-1989	Forte
1986-988	Moderado	1995-1996	Fraco
1990-1993	Forte	1998-2001	Moderada
1994-1995	Moderado	2007-2008	Forte
1997-1998	Forte		
2002-2003	Moderado		
2004-2005	Fraco		

Fonte: CPTEC/INPE (2017).

Estatística descritiva

Inicialmente, realizou-se análise estatística descritiva dos dados da série, além das apresentadas nos gráficos da série temporal (mensal e anual) e também de *box-plot*. Esses métodos se mostraram importantes para a caracterização da série identificando sazonalidades, tendências e valores atípicos. Os dados foram avaliados levando-se em conta todo o período de medição, numa escala anual e mensal. Esses dados de precipitação fornecidos pela ANA são consistidos de acordo com o padrão

estabelecido pela ANEEL (2012). O preenchimento de falhas foi realizado por meio do método de regressão linear simples (Bertoni; Tucci, 2001).

A média é uma boa medida de valores centrais, é bastante estável para períodos superiores há trinta anos, possibilitando a partir disso estabelecer comparações entre anos mais secos ou mais úmidos (OMM, 1994). O desvio padrão mede a dispersão dos dados em relação ao valor médio. Quanto maior a dispersão dos dados, maior a variabilidade da série analisada. O coeficiente de variação mede quanto a série analisada é homogênea.

Para avaliar o comportamento pluvial em relação aos fenômenos El Niño e La Niña foram comparados as precipitações totais anuais em relação à média e o desvio padrão da série histórica. Então, foi utilizada a técnica de valores percentuais, baseado em Monteiro (1976) que classifica a precipitação em 5 categorias hierárquicas como, por exemplo, ano seco: com pluviosidade excepcionalmente reduzida, quando os desvios negativos são maiores que 30% da média normal; ano tendente a seco: com pluviosidade ligeiramente reduzida, com desvios negativos oscilando entre 30% e 15%; ano normal: com pluviosidade normal, cujos desvios variam entre 15% e 15%; ano tendente a chuvoso: com pluviosidade ligeiramente elevada, com os desvios positivos oscilando entre 15% e 30%; ano chuvoso: com pluviosidade excepcionalmente elevada, com índices positivos superiores a 30%.

Essa variabilidade pode afetar a vida econômica e social da população de diversas formas, como, na geração de energia, nas atividades agrícolas, na indústria, em todo setor produtivo (BRITTO et al., 2008). Para tanto, é necessário identificar a frequência associando a magnitude do evento, dado em mm, com a sua ocorrência, em dias. Os valores de limites superiores, inferiores, quartis e interquartis foram explorados neste trabalho, determinando a presença de *outliers*. Foi utilizado para o tratamento estatístico o software *BioEstat 5.0*.

Testes de Mann-Kendall

O método de Mann-Kendall, sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e muito utilizado pelos pesquisadores, é um teste não-paramétrico para avaliar tendências na série temporal (Mann, 1945). O teste compara cada valor da série temporal com os demais valores remanescentes em ordem sequencial. O teste é baseado nas estatísticas S (Equações 1, 2, 3 e 4) (Shadmani et al., 2012):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sing}(x_i - x_j) \quad (1)$$

Sendo, x_j as taxas sequenciais; n é o tamanho da série temporal e a variação $(x_i - x_j) < 0$ é -1, para $(x_i - x_j) = 0$ é 0 e $(x_i - x_j) > 0$ é 1. A média $E[S]$ e a variância $\text{Var}(S)$ da estatística S são dadas como:

$$E(S)=0$$

$$\text{Var}(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (2)$$

Sendo 'q' o número de grupos ligados e 'tp' é o número de pontos de dados no grupo 'p'. Considerando a hipótese nula e a ausência de 'q', a variância 'Var (S)' pode ser dada como:

$$\text{Var}(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

O segundo termo da expressão representa o número de termos repetidos. O teste estatístico normalizado (Z_{MK}) é dado como:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Uma série temporal tem uma tendência clara, definida como um nível de significância de 5%, se $|Z_{MK}| > |Z_{\alpha/2}| = 1,96$. Um Z_{MK} positivo indica uma tendência crescente na série temporal, enquanto um Z_{MK} negativo indica uma tendência decrescente (Yu et al., 2002).

Testes de Spearman

O teste de Spearman é um teste não-paramétrico. Müller et al. (1998) destacaram a consistência deste teste em comparação com outros métodos. A hipótese testada quando:

- H_0 – Série homogênea (sem tendência);
- H_1 – Série não homogênea (tendência).

Onde o teste estatístico de Spearman é dado por Siegel e Castellan Jr. (2006):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (5)$$

Em que $d_i = X_i - Y_i$ é a diferença no ponto das duas variáveis, e 'n' é o número de elementos na amostra.

Para amostras grandes, verificando a hipótese nula, a distribuição é calculada em 't', Detzel et al. (2011), como:

$$t = n \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}} \quad (6)$$

Sendo o valor calculado em (6) é comparado com o valor tabelado, em relação a um nível de significância, permitindo a conclusão sobre a hipótese nula.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise exploratória dos dados disponíveis optou-se na utilização de histograma e *box-plot* para verificação dos comportamentos totais pluviométricos anuais (Figura 2a-b). Anos inferiores a média de 2.428 mm, ocorreram em menor frequência (13 anos) em comparação aos anos mais elevados (18 anos). Os valores de desvio padrão positivos (2.907,80 mm) e negativos (1.948,27) são importantes para estabelecer uma primeira aproximação dos anos mais secos e mais úmidos em relação ao valor médio.

Notaram-se 11 anos de ocorrência de La Niña, 19 anos de El Niño e 1 ano foi considerado normal (Figura 2a). Partindo desta premissa, em 90,90% de anos ocorrentes por La Niña houve volumes superiores a média histórica. Em períodos de El Niño constatou-se que 47,37% destes anos apresentaram volumes inferiores a média. Notou-se também que em períodos com eventos de intensidades 'fortes' são mais propícios a valores extremos.

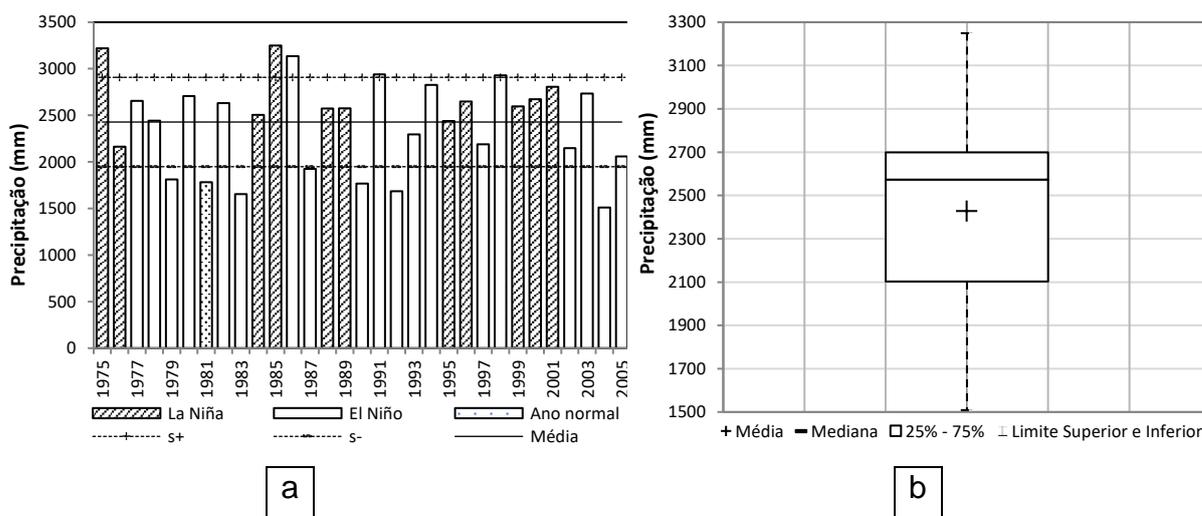


Figura 2. Volume pluviométrico anual (a); *Box-plot* (b) para o período de 1975-2005.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Utilizando o critério de Monteiro (1976) se observa que os anos de ocorrências próximos da linha média ou padrão corresponde a 51,61%, confirmando boa distribuição interanual de chuvas na região de estudo. Os anos secos foram em 1983, 1992 e 2004, tratando de 9,68% dos anos. Com tendência a secos foram 1979, 1981, 1987, 1990 e 2005, representando 16,13% dos anos, os tendentes a chuvosos foram 1986, 1991, 1994, 1998 e 2001, sendo 16,13% da série e chuvosos apenas dois, 1975 e 1985.

Estas respostas de pluviosidade segue a linha de que o ENOS causa anomalias de precipitação em grande escala na bacia amazônica (SOMBROEK, 2001; WILLIAMS et al., 2005), o que resulta em altos níveis de inundação dos rios da Amazônia durante os eventos La Niña (fase fria) e baixos níveis de inundação durante os eventos El Niño (fase quente).

Para elaboração de uma análise de variabilidade e de ocorrência de precipitação é importante entender o comportamento e sazonalidade do determinado evento. Para isso, foi representado graficamente e também através de *box-plot* a série pluviométrica (Figura 3a-b).

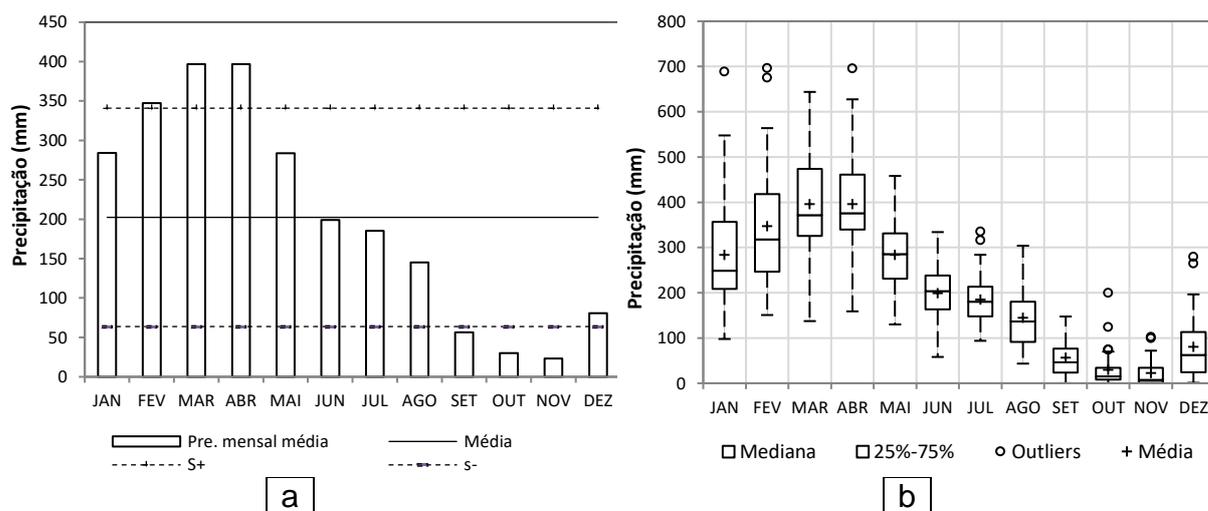


Figura 3. Volume sazonal (a); *Box-plot* (b) para o período de 1975-2005.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

As precipitações consideradas como discrepantes (*outliers*) ocorreram nos meses de janeiro (689,20 mm em 1991); fevereiro (696,5 mm em 1980; 675,3 mm em 2003); abril (696,30 mm em 1975); julho (335,80 mm em 2000 e 316,60 mm em 1998); outubro (200,10 mm em 1986; 124 mm em 1989; 74,60 mm em 1979 e 74,40 mm em 1993); novembro (102,80 mm em 1986 e 99,80 mm em 1993); e dezembro (279,80 mm em 1985 e 264,90 mm em 1988). Nos meses de março, maio, junho, agosto e setembro indicaram distribuição normal dos dados, sem observar valor atípico ou discrepante. Os resultados da estatística descritiva da precipitação mensal e anual acumulada estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros estatísticos de precipitação mensal e total anual

Mês	n	Média	S	Md	Mín.	Máx.	LI	LS	CV	DC	F
Janeiro	31	283,98	134,15	249,00	97,80	689,20	110,75	191,35	66,30	18,82	13,23
Fevereiro	31	347,17	140,63	325,40	150,80	696,50	95,80	146,15	69,50	21,54	15,11
Março	31	396,53	126,93	375,00	137,40	643,90	188,50	170,05	62,73	25,43	14,75
Abril	31	396,54	125,84	378,00	158,90	696,30	181,05	166,20	62,20	25,60	14,77
Maio	31	283,77	76,07	298,70	130,00	458,30	101,15	127,05	37,59	23,86	12,52
Junho	31	199,22	61,33	208,00	58,10	334,10	105,45	96,31	30,31	20,57	10,11
Julho	31	185,16	56,75	181,90	93,80	452,00	56,55	99,55	28,05	19,36	9,40
Agosto	31	145,09	66,32	143,30	43,40	303,90	47,90	123,40	32,78	14,43	9,93
Setembro	31	56,49	44,05	48,10	0,00	147,50	23,55	70,75	21,77	7,44	6,47
Outubro	31	30,03	42,15	15,10	0,00	200,10	8,35	35,80	20,83	4,26	3,54
Novembro	31	23,24	30,04	7,30	0,00	102,80	1,15	37,60	14,85	4,00	1,83
Dezembro	31	80,84	71,10	65,20	0,90	279,80	23,4	83,15	35,14	7,75	8,41
Anual	31	2.428	975,37	194,95	871,10	5.004,40	1.508,9	3.249,2	19,76	192,46	10,00

n: Amostras; s: Desvio-Padrão (mm); Md: Mediana (mm); Min: Valor Mínimo (mm); Máx: Valor Máximo (mm); LI e LS: Limite inferior e superior do intervalo para média (mm); CV: Coeficiente de Variação (%); DC: Dias de ocorrências de chuva (dias); F: Frequência (mm/dia).

Fonte: Dados da Pesquisa (2017).

De acordo com o critério proposto por Wilding e Drees (1983) os coeficientes de variação da precipitação mostram que a variabilidade é baixa para o mês de novembro, médio em junho, julho, agosto, setembro e outubro. A variabilidade é alta nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio.

A ausência total de chuvas em alguns anos da série, nos meses de seca, também pode ser a explicação dessa variabilidade. Esse fato indica que estimativas feitas com a média aritmética pode não apresentar precisão e confiabilidade pela influência que sofrem pelos valores atípicos, o que também é sugerido por Blain et al. (2007).

A precipitação média anual acumulada tem um CV de 19,76%, também de variação moderada. Esse fato se explica porque é a somatória da chuva anual, onde ocorre uma compensação dos meses de pouca chuva com os de maior intensidade, mantendo menor variabilidade entre a acumulada anual do que entre os meses em diferentes anos.

O mês que apresentou maior número de ocorrências de chuvas foi março, em média 25,43 dias. Porém, o mês de novembro apontou menores ocorrências com média de 4 dias de chuva, este dado demonstra boa relação com ápice chuvoso e seco do município. A frequência representa a cota média precipitada do mês por dias chovidos. Deste modo, fevereiro apontou maiores valores para esta característica, com 15,11 mm/dia. Indicando este mês com eventos mais intensos.

Considerando a média e os desvios padrões positivo e negativo como limite entre às duas estações (secas e chuvosas), foi percebido os meses de setembro, outubro e novembro como período seco e de fevereiro a abril como os chuvosos. Os outros meses podem ser considerados como de transição entre as estações.

Observando o comportamento da precipitação, aplicamos o teste de Mann-Kendall para avaliar o comportamento da tendência por região, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados do teste de Mann-Kendall e Spearman com nível de significância de $\pm 1,96$ e 5% respectivamente

Período avaliado	Teste Mann Kendall (Z_{MK})	Spearman	Tendência
1975-2005	-0,041	-0,043	Sem Tendência

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

As tendências apresentadas neste trabalho convergem parcialmente com estudos anteriores, especialmente no que se refere a pequena redução das chuvas na Amazônia (Marengo, 2009; Villar et al., 2009; Ishihara et al., 2014; Loureiro et al., 2015). No entanto, a maioria dos estudos empregou uma abordagem diferente em suas análises, lidando com toda a bacia e região Amazônica, enquanto o presente trabalho é limitado a uma única estação num município da mesma região.

CONCLUSÃO

A análise estatística exploratória apontou variabilidade da precipitação nos doze meses, evidenciando a ocorrência de duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. O período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro, março e abril, enquanto o de estiagem nos meses de setembro, outubro e novembro. Anualmente o número de dias com ocorrência de chuva é em média de 192.

Constatou-se presença de 14 *outliers* em 7 meses do ano, indicando meses com chuvas atípicas, acima dos limites. Notou-se também o número maior de eventos extremos nos meses de estiagem. Portanto, o município apresenta grande vulnerabilidade para eventos atípicos, nos meses mais secos, principalmente no mês de outubro.

Notou-se boa relação das anomalias positivas (acima da média) e negativas (abaixo da média) da precipitação com os fenômenos meteorológicos ENOS.

As anomalias negativas mais significativas de precipitação ocorreram em 1983, 1992 e 2004, anos que coincidem com o El Niño registrado. As precipitações positivas de maior relevância foram em 1975 e 1985, justamente no período de ocorrência de La Niña, ou seja, indicando possivelmente uma influência deste fenômeno na região. Destaca-se também que isso ocorre de maneira mais significativa em períodos com fenômenos de intensidade 'forte'.

Os testes não paramétricos indicaram tendência nula da precipitação, ao mesmo tempo, em que as alturas pluviométricas estão diminuindo timidamente no decorrer dos anos.

REFERÊNCIAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Análise de consistência de dados pluviométricos**. Rep. Brasília:FUB/FNB, 2012.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2001.

BLAIN, G. C.; PIEDADE, S. M. de S.; CAMARGO, M. B. P.; GIAROLLA, A. Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do Instituto Agrônômico, em Campinas, SP. **Bragantia**, v. 66, n. 02, p.347-355, 2007.

BRITTO, P. F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M.. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3, n. 4, p.37- 48, 2008.

CAPANEMA. Prefeitura Municipal. Plano Ambiental do Município de Capanema. **Capanema sustentável: plano plurianual de Gestão 2010- 2013**. 2011.

COE, M. T.; COSTA, M. H.; SOARES-FILHO, B.S.. The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon river - land surface processes and atmospheric feedbacks. **Journal of Hydrology**, v. 369, n. 1-2, p.165-174, 2009.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos, 2011. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml/>. Acesso em: 10 dez. 2016.

DETZEL, D. H. M. et al.. Estacionariedade das afluições às hidrelétricas brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v.16, n.3, p. 95-11, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro:IBGE, 2010. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000408pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2016.

ISHIHARA, J. H. et al.. Quantitative and spatial assessment of precipitation in the Brazilian Amazon (Legal Amazon) - (1978 to 2007). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p.29-39, 2014.

LOUREIRO, G.E., FERNANDES, L. L.; ISHIHARA, J. H.. Spatial and temporal variability of rainfall in the Tocantins-Araguaia hydrographic region. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 37, n.1, p.89 – 98, 2015.

MANN, H. B.. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, n.3, p. 245-259, 1945. Disponível em:< <https://www.jstor.org/stable/i332584>>. Acesso em: 08 dez. 2016.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M.. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC AR4. **Multiciência (UNICAMP)**, v. 8, p.5-28, 2007.

MARENGO, J. A.. Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920. **Hydrological Processes**, v. 23, n. 22, p. 3236-3244, 2009.

MONTEIRO, C. A. de F.. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. São Paulo: Universidade de S. Paulo, Instituto de Geografia, 1976. 54p.

MÜLLER, I. I.; KRÜGER, C. M.; KAVISKI, E.. Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, n. 3, v.4, p.51-71, 1998.

OMM. Organização Mundial de Meteorologia.. **Guide to hydrological Practices**. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications. 5. ed., n. 158, Genebra — Suíça, 1994. 735p.

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

TUCCI, C. E. M.. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012.

VILLAR, J. C. E. et al.. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). **International Journal of Climatology**, v. 29, n.11, p.1574-1594, 2009.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR., N. J.. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2. ed. Porto Alegre: [Penso - Grupo A](#), 2006. 448p.

SOMBROEK, W. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v.30, n. 7, p. 388-396, 2001.

SHADMANI, M.; MAROFI, S.; ROKNIAN, M.. Trend analysis in reference evapotranspiration using Mann-Kendall and Spearman's Rho tests in arid regions of Iran. **Water Resources Management**, v.26, n.1, p.211-224, 2012.

WILDING, L.P.; DREES, L.R.. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G. F., eds. Pedogenesis and soil taxonomy I. Concepts and Interactions. Amsterdam, **Elsevier**, p. 83-116, 1983.

WILLIAMS, E.; ANTONIA, A.D.; ANTONIA, V.D.; ALMEIDA, J. D.; SUAREZ, F.; LIEBMANN, B.; MALHADO, A.C.M.. The drought of the century in the Amazon basin: an analysis of the regional variation of rainfall in South America in 1926. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 231-238, 2005.

YU, P.S; YANG, T.C; WU, C.K.. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. **Journal of hydrology**, v. 260, p.161-175, 2002.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G.. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 259, p.254-271, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169401005947>> Acesso em: 08 dez. 2016.

Submetido em: 28/08/2017

Aceito para publicação em: 16/04/2018