



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Variabilidade das Chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil

Emerson Luis Hoffmann-IFMT. E-mail emersonluishoffmann@hotmail.com Rivanildo Dallacort – UNEMAT. E-mail: rivanildo@unemat.br Marco Antônio Camillo Carvalho-UNEMAT. E-mail: yama@unemat.br, Oscar Mitsuo Yamashita- UNEMAT, e-mail: yama@unemat.br, João Danilo Barbieri- UEM. E-mail: jd.barbieri@hotmail.com

Artigo recebido em 04/11/2017 e aceito em 30/05/2018

RESUMO

Nas últimas décadas observa-se um aumento da temperatura, isso pode causar mudanças no regime hídrico, por meio de alterações dos padrões de precipitação, objetivou-se no presente trabalho determinar a variabilidade anual, mensal das chuvas, quantificar o número de dias secos e chuvosos para região sudeste da Amazônia Oriental do Estado do Pará, Brasil. Para tanto foram utilizados dados de 5 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia, localizadas no sudeste da Amazônia Oriental Paraense, posteriormente foi realizada análise de estatística descritiva (média e desvio padrão), para determinar dos dias secos e chuvosos, foram considerados secos, os dias em que a precipitação foi menor ou igual a 5 mm e, chuvosos quando a precipitação foi maior que 5 mm. A maior variabilidade temporal aconteceu no município de Tucuruí, onde a precipitação anual mínima e a máxima foram de 1694 mm no ano de 1983 e 3176 mm em 1999 respectivamente, com desvio-padrão igual a 411 mm. O início, fim e duração da estação chuvosa apresentaram considerável variação espacial, podendo agrupar com características semelhantes São Felix do Xingu com Conceição do Araguaia, Tucuruí com Marabá e separadamente Altamira.

Palavras-chave: Clima, Variabilidade Pluviométrica, Precipitação.

Rainfall variability in southeastern Amazonia, Paraense, Brazil

ABSTRACT

In the last decades an increase in temperature is observed, this may cause changes in the water regime, through changes in precipitation patterns, the purpose of this study was to determine the variability Annual, monthly rainfall, to quantify the number of dry and rainy days to the southeast region of the Eastern Amazon of the State of Pará, Brazil. In order to do so, we used data from 5 meteorological stations belonging to the National Institute of Meteorology, located in the southeast of the eastern Amazon Paraense, after which descriptive statistics analysis (mean and standard deviation) were performed to determine dry and rainy days, The days when the precipitation was less than or equal to 5 mm and rainy when the precipitation was greater than 5 mm. The greatest temporal variability occurred in the municipality of Tucuruí, where the minimum and maximum annual rainfall was 1694 mm in the year 1983 and 3176 mm in 1999, respectively, with a standard deviation equal to 411 mm. The beginning, end and duration of the rainy season presented considerable spatial variation, being able to group with similar characteristics São Felix do Xingu with Conceição do Araguaia, Tucuruí with Marabá and separately Altamira.

Key-words: Climate, Pluviometric Variability, Precipitation.

Introdução

Nos últimos anos, o tema mudanças climáticas ocupa lugar de destaque nos debates da comunidade científica internacional. As mudanças climáticas devem produzir grandes impactos sobre os recursos hídricos (IPCC, 2014). Para Souza e Azevedo (2012), os eventos extremos de chuvas associadas às variabilidades climáticas, é uma realidade cada vez mais frequente, e possivelmente tais mudanças climáticas trazem diversos prejuízos para o homem. IPCC (2013) destaca que nas últimas décadas observa-se um aumento da temperatura, isso pode causar mudanças no regime hídrico, por meio de alterações dos padrões de precipitação, o que pode impactar diretamente na umidade do solo, na reserva subterrânea e na geração do escoamento superficial.

Para Soares et al. (2016), a chuva é um elemento de grande variabilidade espaço-temporal, sendo fundamental seu conhecimento para a tomada de decisões. Identificar e medir padrões de ocorrência das chuvas traz subsídios imprescindíveis para o planejamento da conservação dos ecossistemas e demais análises que envolvam o balanço hídrico de bacias hidrográficas e o regime de vazões de rios. Marcuzzo et al. (2012) consideram que o excesso ou a falta de chuva pode ser favorável ou prejudicial ao desenvolvimento da economia, dessa forma a análise das precipitações é de extrema importância, porém ela só é possível com a obtenção de uma coleção de observações feitas ao longo de um período histórico.

A precipitação é amplamente reconhecida como a variável climatológica mais importante na região tropical, sendo essencial para o planejamento das atividades humanas e desenvolvimento local e sua irregularidade na quantidade e distribuição espacial tem sido um dos fatores limitantes ao maior desenvolvimento da produção agrícola na Amazônia (Amanajás e Braga, 2012).

Diferentes pesquisas identificaram mudanças no campo da precipitação devido as mudanças climáticas (Marcuzzo et al., 2012, Eli et al., 2013, Ávila et al., 2014, Silveira et al., 2016). Neste sentido, estas pesquisas procuram ora entender a ocorrência da precipitação, ora identificar e avaliar os impactos ambientais. Debotoli et al. (2012) buscam identificar a partir de perspectiva temporal (1971-2010) com base em uma distribuição espacial o início e o fim do período chuvoso na Amazônia meridional brasileira.

Ishihara et al. (2013) faz uma avaliação do monitoramento pluviométrico da Amazônia Legal cujo o objetivo foi de quantificar e diagnosticar a rede pluviométrica da região Amazônica brasileira. Ávila et al. (2014a) ressalta que os ecossistemas florestais atuam de forma significativa no ciclo hidrológico uma vez que interferem diretamente na redistribuição da chuva, contribuindo para a recarga dos aquíferos bem como na parcela que retorna para a atmosfera e, que dentre os ecossistemas florestais, a floresta nativa é o que atua de forma mais expressiva no balanço hídrico devido à sua biodiversidade, complexidade do sistema e a própria dinâmica das comunidades dos fragmentos.

Batistão et al. (2013) determinando a variabilidade anual, mensal e decenal, quantificar o número de dias secos e chuvosos da precipitação do município de Juína/MT, concluem que a região apresenta duas estações definidas, uma estação seca de maio a setembro e outra chuvosa de outubro a abril. Dallacort et al. (2011) analisando a variabilidade da precipitação pluviométrica para o município de Tangara da Serra/MT, verificaram a existência de três meses críticos, quando praticamente não há ocorrência de chuvas, e que compreende os meses de junho, julho e agosto.

Santos et al. (2016) relatam que a precipitação está entre as variáveis climáticas mais relevantes, principalmente nos trópicos, desta forma, investigar o comportamento dos extremos de chuva em escala regional é altamente relevante e significativo. Responsável pela distinção entre as estações chuvosas e secas a precipitação pluviométrica é uma das variáveis climáticas mais importantes da região amazônica (Fisch et al., 1998). Nesse sentido é de grande importância conhecer a variação pluviométrica da região amazônica, bem como a precipitação e sua relação com o funcionamento da floresta (Marengo, 2008). Assim, objetivou-se no presente trabalho determinar a variabilidade anual, mensal das chuvas, quantificar o número de dias secos e chuvosos para região sudeste da Amazônia Meridional do Estado do Pará, Brasil.

Material e métodos

Caracterização da Área de estudo.

A área em estudo situa-se no sudeste da Amazônia oriental Paraense, localizadas entre a bacias do rio Xingu e Araguaia-Tocantins sendo formada pelos municípios de Altamira (norte), Conceição do Araguaia (sudeste), Marabá

(sudeste), São Félix do Xingu (sudeste), Tucuruí (sudeste).

A bacia do rio Xingu é uma forte referência da diversidade socioambiental da Amazônia brasileira. É uma região de grandes contrastes. Por um lado, possui um dos mais significativos e extensos corredores de áreas protegidas do mundo, que abriga um inédito mosaico da diversidade cultural brasileira, no contexto de uma biodiversidade peculiar que transita entre o Cerrado e a floresta Amazônica. O rio Xingu, com

1.400 km de extensão, nasce no Mato Grosso entre as Serras do Roncador e Formosa. Tem como afluentes os rios: Batovi, Ronuro, Culuene, Pacajá-Grande, Fresco, Cana Brava, Ipixuna, Pontal e Iriri, que deságua cerca de 80 km a montante da cidade de Altamira. Na bacia do Rio Xingu, próximo ao município de Altamira, no norte do Pará, está sendo construída a Usina hidrelétrica de Belo Monte, onde sua potência instalada será de 11 233 megawatts e formará um lago que terá uma área de 516 km².

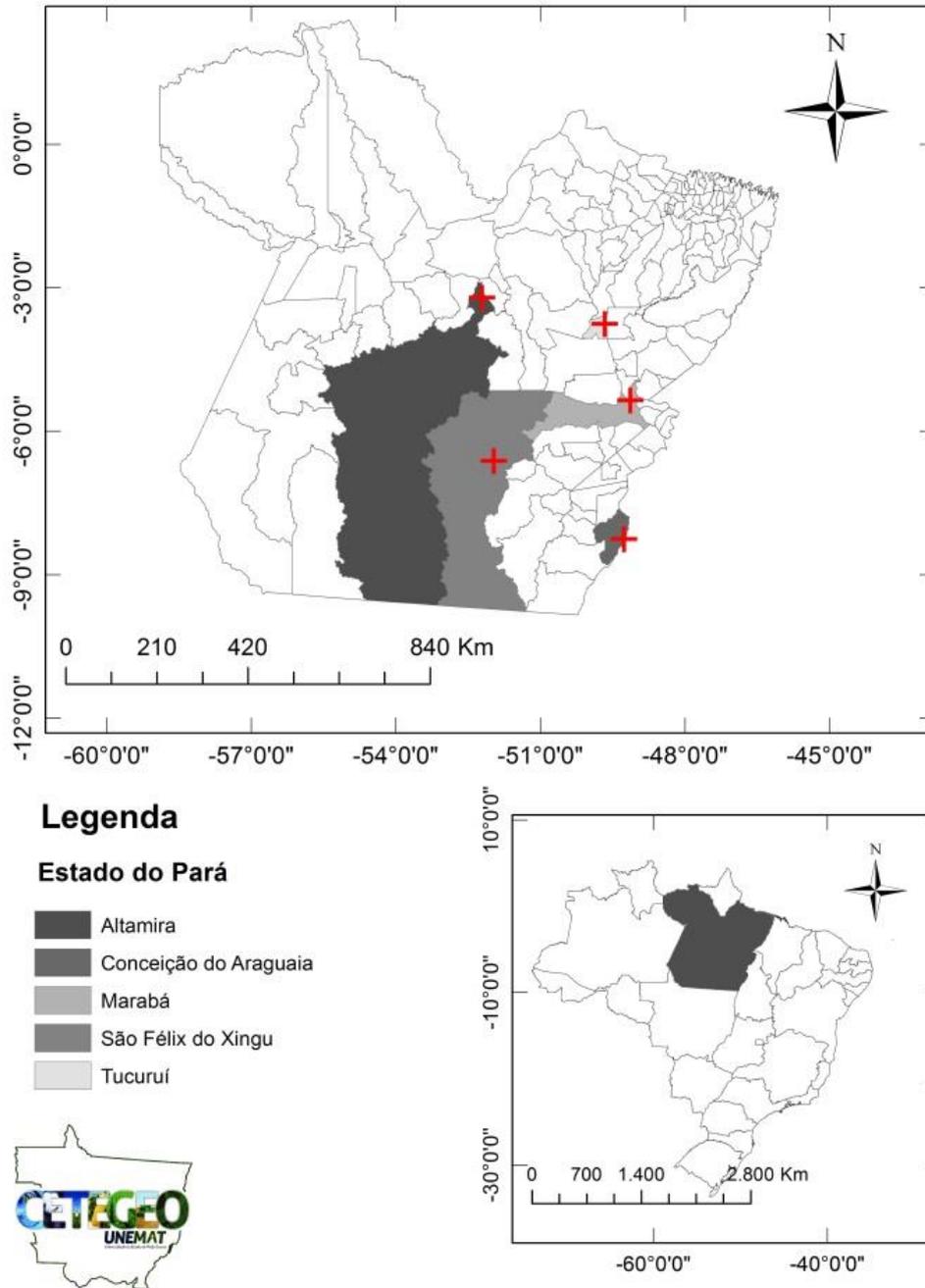


Figura 1 Mapa de localização dos municípios em estudo.

A Bacia Tocantins-Araguaia é uma das regiões hidrográficas do Brasil, todos os cursos de água que deságuam nos rios Tocantins e Araguaia fazem parte dela. Essa bacia abrange uma área de 967.059 km², correspondendo a 9,5% do território nacional; cobre totalmente ou parcialmente as terras dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Maranhão Pará e Distrito Federal. O relevo é considerado monotopo, com altitudes variando entre 350 m e 500 m, exceto nas nascentes, onde chega a mais de 1.000m. Nesta bacia, próximo a cidade de Tucuruí - PA, está localizada a maior usina hidrelétrica construída 100% em território brasileiro, a Usina Hidrelétrica de Tucuruí. A barragem de Tucuruí, de terra, tem 11 km de comprimento e 78 m de altura. O reservatório tem 200 km de comprimento e 2.850 km² de área quando cheio, quando o nível é mínimo (62 m), a área alagada diminui em cerca de 560 km².

Altamira.

O município de Altamira está localizado oeste do Pará entre os paralelos 03°12'36" S e 52°12'36" W. Fazendo limite ao Norte com o Vitória do Xingu, ao Sul com Mato Grosso, a nordeste, Leste e Sudeste com Senador José Porfírio e São Félix do Xingu, a Noroeste, Oeste e Sudeste com Brasil Novo, Medicilândia, Uruará, Rurópolis, Trairão, Itaituba e Novo Progresso. A área total compreende 159.696 km² segundo levantamento do IBGE (2005), sendo que o principal rio do município é o Xingu.

No município as áreas compreendem a grande floresta equatorial densa amazônica com árvores de grande porte e vegetação emergente, caracterizada pela biomassa de grande biodiversidade. Nos altos platôs a vegetação é muito densa. Predominância da floresta aberta latifoliada e aberta mista (cocal), além da densa submontana, densa dos terraços em matas ciliares, já bastante desmatada na região PA/AP e floresta secundária, em meio de cultivo de cana-de-açúcar, de cacau e cultivos de subsistência.

A fauna da região é rica e diversificada, condizente com a biodiversidade existente na Amazônia. Dentre diversas espécies, podemos citar: os macacos, os pássaros, os botos e muitas espécies de peixe, com destaque para o tucunaré e pirarucu. O clima do Município insere-se na categoria de equatorial superúmido, tipo Am da classificação Köppen.

O relevo do município é caracterizado por áreas de pequenas serras cristalinas, morros isolados chamados de inselbergs, superfícies e

escarpas tabulares, além de pequenas crostas, setores de colinas, tabuleiros, terraços e aluviões. As maiores altitudes oscilam em torno de 600 metros na parte sul do município. Na estação a altitude é de 74,04 metros, sendo considerada uma das áreas mais baixas de Altamira.

Conceição do Araguaia

O município de Conceição do Araguaia pertence à Mesorregião Sudeste Paraense e à Microrregião Conceição do Araguaia. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 08° 15' 36" S e 49° 15' 66" W, localizada a cerca de 1100 km da capital Belém. Fazendo limites ao Norte com o Município de Floresta do Araguaia, a Leste com o Estado do Tocantins, ao Sul com Município de Santa Maria das Barreiras e a Oeste com Município de Redenção e Santa Maria das Barreiras.

O clima do Município insere-se na categoria de equatorial super-úmido, tipo Am da classificação Köppen, no limite de transição para o Aw; possui temperatura média anual de 27,3 °C. A umidade relativa é elevada, com oscilações entre a estação mais chuvosa e mais seca, que vai de 90% a 52%, sendo a média real de 71%. O período chuvoso ocorre, notadamente, de novembro a maio e o mais seco, de junho a outubro, estando o índice pluviométrico anual em torno de 2.000 mm.

A hidrografia do Município é representada, principalmente, pelo rio Araguaia, seu limite natural com o Estado do Tocantins, e pelos seus tributários da margem esquerda localizados dentro do Município: o Salobro e o Araguaia, este com seu afluente Ribeirão Pereira faz limite, a oeste, com o município de Redenção. Sua topografia possui significativa variação altimétrica que vai de 140 m a 540 m, com suas altitudes mais elevadas localizadas ao sul do Município, com a sede municipal apresentando cota de, aproximadamente, 140 m.

Marabá

Marabá é um município pertencente a mesorregião do Sudeste Paraense, no estado do Pará, no Brasil. Se localiza cerca de 500 quilômetros ao sul da capital do estado. Sua localização tem, por referência, o ponto de encontro entre dois grandes rios, Tocantins e Itacaiunas, formando uma espécie de "y" no seio da cidade vista de cima.

Ocupando uma área de 15.092,268 km², Marabá conta atualmente com 262 085 habitantes, é o décimo município mais populoso da Amazônia. A sede municipal apresenta as seguintes

coordenadas geográficas: 5° 21' 36"S e 49° 07' 48" W, com altitude de 95 m. Localizada no sudeste do Pará, limita-se com os municípios de: Novo Repartimento, Itupiranga, Nova Ipixuna e Rondon do Pará (ao norte); São Geraldo do Araguaia, Eldorado dos Carajás, Curionópolis e Parauapebas (ao sul); Bom Jesus do Tocantins, São João do Araguaia e São Domingos do Araguaia (ao leste); e São Félix do Xingu (ao oeste)

A topografia do município de Marabá apresenta as maiores altitudes da região Sudeste do Pará, através das serras dos Carajás, Sereno, Buritirana, Paredão, Encontro, Cinzento e Misteriosa. Desse complexo, destaca-se a serra dos Carajás, como a de maior porte. Entretanto, é na serra do Cinzento que se encontra a altitude máxima do município de Marabá, com 792 metros. As serras dos Carajás, Cinzento e Buritirana estão situadas em áreas de conservação, sob jurisdição federal, denominadas de Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri e a Reserva Biológica do Tapirapé, onde se encontram diversas cavernas. Suas formas de relevo estão englobadas pela unidade morfoestrutural denominada de Depressão Periférica do Sul do Pará, onde dominam os planaltos amazônicos.

O clima é tropical semiúmido (Aw) com temperatura média anual em torno dos 26 °C e índice pluviométrico elevado, próximo aos 2 200 milímetros (mm) anuais. Os meses com maior média de pluviosidade são março (421 mm) e fevereiro (405 mm), enquanto os menores são agosto (15 mm) e julho (24 mm).

São Félix do Xingu

São Félix do Xingu está localizado na região sudeste do Pará, na confluência dos rios Xingu e Fresco, distante a 1050 quilômetros da capital do estado a uma latitude 06°37'48" S e a 51°57'36" W, estando a uma altitude de 206 metros. Possui área de 84 212,426 km² e sua população estimada em 2014 era de 111.633 habitantes. Limita-se com os municípios de Altamira, Senador José Porfírio, Marabá, Conceição do Araguaia, Santana do Araguaia, e Estado de Mato Grosso.

Em relação ao clima, apresenta clima tropical úmido (Am), com temperatura média anual de 26°C, sendo que o semestre mais chuvoso vai de novembro a abril com maior precipitação nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril (100 a 150 dias de chuva). A vegetação predominante é a floresta Hidrófila. Além de ser agraciado com uma belíssima rede hidrográfica que tem como principal

componente Rio Xingu, compõe-se ainda pelos Rios Fresco, Karapanã, Triunfo, Bom Jardim e São Francisco.

Devido sua grande extensão territorial, apresenta um relevo diversificado que vai das planícies fluviais às margens dos grandes rios, a suaves e acentuadas ondulações e até montanha. Nesse relevo variado são encontrados os seguintes tipos de solo: podzólicos, terra roxa e mista.

Tucuruí

Tucuruí é um município brasileiro do estado do Pará. Localiza-se na Mesorregião do Sudeste Paraense a uma latitude 03°45'3" S e a 49°39'36" W. O município é famoso por abrigar a maior usina hidrelétrica totalmente brasileira e a quarta do mundo: a Usina Hidrelétrica Tucuruí, construída e operada desde 22 de novembro de 1984 pela Eletronorte. Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2016 o município possuía 108 885 habitantes e 2086 km² de área.

Ocupando uma área de 2 086,170 km², Tucuruí conta atualmente com 108 885 habitantes. A sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 3°45'36"S e 49° 39'36" W, com altitude de 40 m. Limita-se com os municípios de: Breu Branco, Novo Repartimento, Baião, Pacajá.

A base geológica do Município é constituída por um relevo com áreas de colinas baixas escarpadas, apresentando ravinas e vales, e é composto predominantemente de rochas magmáticas. Na porção setentrional observa-se a formação de arenitos. Na região de Caraipé constata-se a existência de rochas metamórficas. O relevo é de topografia acidentada, o território de Tucuruí apresenta cotas que variam, de 30 a 300 metros. O relevo apresenta dissecação em dois níveis de colinas elaboradas, pois a drenagem encaixa-se em cristas com nascentes para o Rio Tocantins ou para o Lago da Hidrelétrica.

Dados utilizados

Para desenvolver o presente trabalho, foram utilizados dados pluviométricos diários de cinco estações meteorológicas automáticas (Tabela 1), pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizadas no sudeste da Amazônia Meridional paraense (Figura 1), com histórico de 43 anos (1973 a 2015).

Tabela 1- Coordenadas geográficas das estações meteorológicas em estudo.

| Estação | Código | Órgão | Latitude | Longitude | Altitude |
|-----------------------|--------|-------|-----------|------------|----------|
| Altamira | 82356 | INMET | 3°12'36"S | 52°12'36"W | 74,04 m |
| Conceição do Araguaia | 82861 | INMET | 8°15'36"S | 49°15'36"W | 156,85 m |
| Marabá | 82562 | INMET | 5°21'36"S | 49°07'48"W | 95,00 m |
| São Félix do Xingu | 82668 | INMET | 6°37'48"S | 51°57'36"W | 206,00 m |
| Tucuruí | 82361 | INMET | 3°45'36"S | 49°39'36"W | 40,00 m |

Análise dos dados

Os dados foram tabulados e sua coerência testada com o auxílio do software computacional CLIMA desenvolvido pelo Instituto Agrônomo do Paraná (Faria et al., 2003). Posteriormente, análises de médias (\bar{x}) e de desvio-padrão amostral (S) anuais, mensais e decendiais foram realizadas para discussão.

Para as análises da variabilidade anual e mensal da precipitação foram utilizadas as expressões:

Média:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{(Equação 1)}$$

Desvio Padrão:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{(Equação 2)}$$

Para análise de ocorrência de dias secos e chuvosos, foram considerados secos, os dias em que a precipitação foi igual ou inferior a 5 mm e, chuvosos quando a precipitação foi igual ou superior a 5,1 mm (Sans et al., 2001). Consideramos um mês chuvoso quando a média mensal climatológica for superior a 60 mm conforme a classificação climática de Köppen-Geiger, para o clima tropical Aw e Am.

Resultados e discussão

Comportamento das médias pluviométricas anuais

Com média histórica anual de precipitação igual a 2107 mm e desvio padrão igual a 212 mm, observa-se na Figura 2 que no período de 1973 à 2015 não houve uma grande variabilidade de precipitação para os municípios analisados com exceção de Tucuruí cuja a média anual de precipitação superou o desvio para em 139 mm. Devido a sua dimensão territorial expressiva o estado do Pará além dos efeitos locais, é também influenciado por sistemas de mesoescala, como

aglomerados convectivos e linhas de instabilidade, e sistemas meteorológicos de grande escala transientes como as zonas frontais, e quase-estacionários, sobretudo, a Zona de Convergência Intertropical e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (Quadro et al., 2012). Lopes et al. (2013) ressaltam que a atuação dos diferentes sistemas meteorológicos resulta em uma distribuição pluviométrica elevada, porém não homogênea.

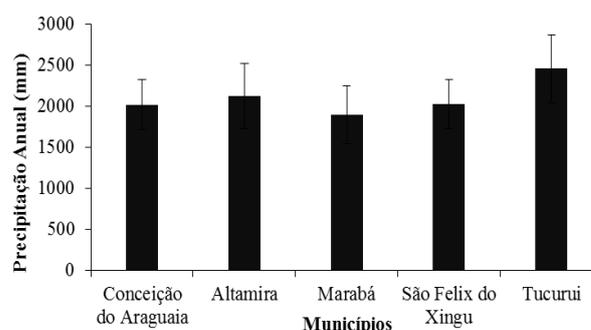


Figura 2 Média anual histórica de 1975 a 2015.

Na tabela 2 podemos observar as médias e desvio padrão da precipitação mensal e anual, para todos os municípios estudados, onde Tucuruí apresenta o maior índice pluviométrico com 2468 mm e também o maior desvio padrão 411 mm, o que caracteriza uma grande variabilidade das chuvas. O menor desvio padrão foi encontrado para o município de São Felix do Xingu com 301 mm e precipitação média anual de 2033 mm, sendo entre os cinco municípios o que apresenta menor variabilidade das chuvas.

O menor índice pluviométrico está em Marabá com média anual de 1901 mm e desvio padrão de 348 mm.

Considerando a metodologia de Sans et al. (2001), em que chuvas que somam uma lâmina de 5 mm por dia não são consideradas dias chuvosos logo os meses em que o acumulado seja menor que 150 mm são considerados meses secos ou pelo menos com baixa incidência pluviométrica.

Sendo assim os meses considerados secos para os municípios de Altamira e São Félix do Xingu são maio, junho, julho, agosto e setembro. Para Conceição do Araguaia e Tucuruí o período de estiagem está entre junho a novembro.

E para o município de Marabá o período compreendido seco é de maio a outubro, com precipitações de 113, 29, 18, 14, 48 e 98 mm respectivamente para os meses acima.

Tabela 2 – Média de precipitação pluviométrica (mm) (\bar{X}) e desvio padrão (S) mensal e anual para os municípios estudados.

| Mês | Altamira | | Conceição do Araguaia | | Marabá | | São Félix do Xingu | | Tucuruí | |
|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|
| | \bar{X} | S | \bar{X} | S | \bar{X} | S | \bar{X} | S | \bar{X} | S |
| Jan. | 274,9 | 87,6 | 299,7 | 121,6 | 266,3 | 96,30 | 275,5 | 87,2 | 358,7 | 123,4 |
| Fev. | 311,5 | 87 | 324,8 | 83,7 | 316,6 | 114,35 | 311,0 | 80,6 | 416,8 | 122,4 |
| Mar. | 320 | 91,2 | 397,5 | 126,8 | 362,6 | 95,78 | 321,7 | 91,2 | 440,5 | 103,7 |
| Abr. | 236,3 | 90,3 | 338,4 | 120,9 | 265,3 | 98,01 | 237,4 | 89,2 | 410,7 | 142,6 |
| Mai. | 117,3 | 70,5 | 225,3 | 86,0 | 113,9 | 78,19 | 118,9 | 69,5 | 246,8 | 97,7 |
| Jun. | 36,6 | 37,9 | 113,4 | 69,2 | 29,5 | 23,07 | 36,5 | 37,9 | 87,4 | 52,8 |
| Jul. | 13,9 | 15 | 71,6 | 51,4 | 18,2 | 23,50 | 14,0 | 15,0 | 53,8 | 42,6 |
| Ago. | 49,6 | 40 | 26,9 | 18,1 | 14,5 | 24,39 | 49,8 | 40,1 | 30,8 | 25,3 |
| Set. | 117,1 | 129,1 | 39,5 | 36,2 | 48,6 | 41,14 | 103,3 | 49,3 | 32,5 | 23,3 |
| Out. | 162,9 | 68,4 | 58,0 | 39,7 | 98,2 | 56,33 | 163,6 | 67,9 | 71,4 | 49,9 |
| Nov. | 177,3 | 60,3 | 82,1 | 63,5 | 143,2 | 78,50 | 179,1 | 60,3 | 105,3 | 57,3 |
| Dez. | 206,9 | 70,9 | 159,2 | 97,8 | 223,9 | 99,49 | 207,5 | 70,7 | 212,8 | 83,2 |
| Anual | 2024,2 | 306,6 | 2136,3 | 397,3 | 1900,9 | 347,99 | 2033,1 | 300,8 | 2467,5 | 411,0 |

No município de Altamira (Figura 3) ocorreram em 1981 a precipitação anual mínima com 1166 mm e a máxima em 1984 com 2922 mm, sendo a média histórica (1973 – 2015) igual a 2136 mm com desvio padrão (S) igual a 397 mm. Destaca-se o período de 1979 a 1993 onde houve uma forte variação na precipitação pluviométrica com a média igual a 1926 mm, 9,83% menor que a média histórica estudada e com S = 521 mm, 31,23% a mais que o desvio padrão da média histórica estudada. Para Moraes et al. (2005), cerca de 50% da área total do estado do Pará apresenta precipitação anual compreendida entre 1900 e 2400 mm, esta área situa-se ao Sul e a Sudoeste do Pará incluindo uma porção ao norte e nordeste do Estado.

Com média pluviométrica anual igual a 2024 mm e um desvio padrão igual a 306 mm, o município de Conceição do Araguaia (Figura 3)

apresenta índice pluviométrico anual mínimo igual a 1236 mm no ano de 2010 e máximo igual a 2966 mm no ano de 1991. Verifica-se que dez anos apresentaram precipitações fora da faixa do desvio padrão, tanto para mais quanto para menos em relação à média, destes, cinco anos ficaram acima do desvio padrão com média pluviométrica igual a 2594 mm e S = 231 mm e cinco anos ficaram abaixo do desvio padrão com media igual a 1517 mm e S = 168 mm. Souza et al. (2012) em sua análise de chuvas intensas para o Estado do Pará relatam que as menores precipitações ficaram concentradas no noroeste da Ilha de Marajó (Melgaço, Breves, Chaves e Afuá) e na fronteira com o estado do Tocantins (Santana do Araguaia e Conceição do Araguaia).

Marabá apresenta média de precipitação total entre os anos estudados de 1991 mm; desvio padrão de 348 mm e precipitação mínima ocorreu

no ano de 2007, com 1.335 mm, e a máxima, no ano de 1985 com 2.731 mm.

Verifica-se ainda que do período estudado doze anos apresentam precipitações fora da faixa do desvio padrão, tanto para mais quanto para menos em relação à média, destes, sete anos ficaram acima, com média pluviométrica igual a 2493 mm e $S = 169$ mm e cinco anos ficaram abaixo do desvio padrão com media igual a 1.432 mm e $S = 55$ mm.

As Microrregiões do Sudoeste e Sudeste Paraense compreendem quase que integralmente o menor volume pluviométrico, inferior a 2000 mm/ano (Amanajás e Braga, 2012).

São Félix do Xingu, apresenta média pluviométrica anual igual 2033 mm e $S = 301$ mm, sendo a precipitação anual máxima registrada foi no ano de 1991 com 2966 mm, e a mínima no ano de 2010 com 1236 mm. Nove anos apresentam precipitações fora da faixa do desvio padrão, tanto para mais quanto para menos em relação à média, destes cinco anos ficaram acima com media igual a 2594 mm e $S = 231$ mm e quatro anos ficaram abaixo do desvio padrão com media igual a 1498 mm e $S = 189$ mm. Cerca de 50% da área total do estado do Pará apresentam precipitação anual compreendida entre 1900 e 2400 mm e situam-se ao Sul e a Sudoeste, incluindo uma porção ao norte e nordeste do Estado (Moraes et al., 2005).

Com média pluviométrica anual de 2468 mm e desvio padrão (S) igual a 411 mm, o município de Tucuruí (Figura 3) apresentou precipitação máxima anual em 1999 de 3176 mm e mínima de 1695 mm em 1983, em relação aos anos estudados. Constata-se também que dezesseis anos dos anos estudados apresentam precipitações fora da faixa do desvio padrão, tanto para mais quanto para menos em relação à média, destes nove anos ficaram acima, com media igual a 3041 mm e $S = 94$ mm e sete anos ficaram abaixo, com media igual a 1868 mm e $S = 118$ mm. Sanches e Fisch (2005), em sua pesquisa sobre as possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí – PA, verificou que variabilidade anual é alta (dada pelo desvio-padrão), porém pode ser um sinal fraco de que as chuvas no mês de Outubro foram suscetíveis a mudança de floresta tropical para lago artificial. Ribeiro et al. (2014) investigando sobre possível tendência climática a partir do teste não paramétrico de Mann-kendall relatam que o coeficiente de regressão linear não apresentou significância estatística, logo não é possível afirmar categoricamente que a precipitação total anual em Tucuruí aumentou ao longo do período

analisado, mas sim é possível descrever que a série de precipitação (1972-2012) ficou estacionaria ao longo do período analisado.

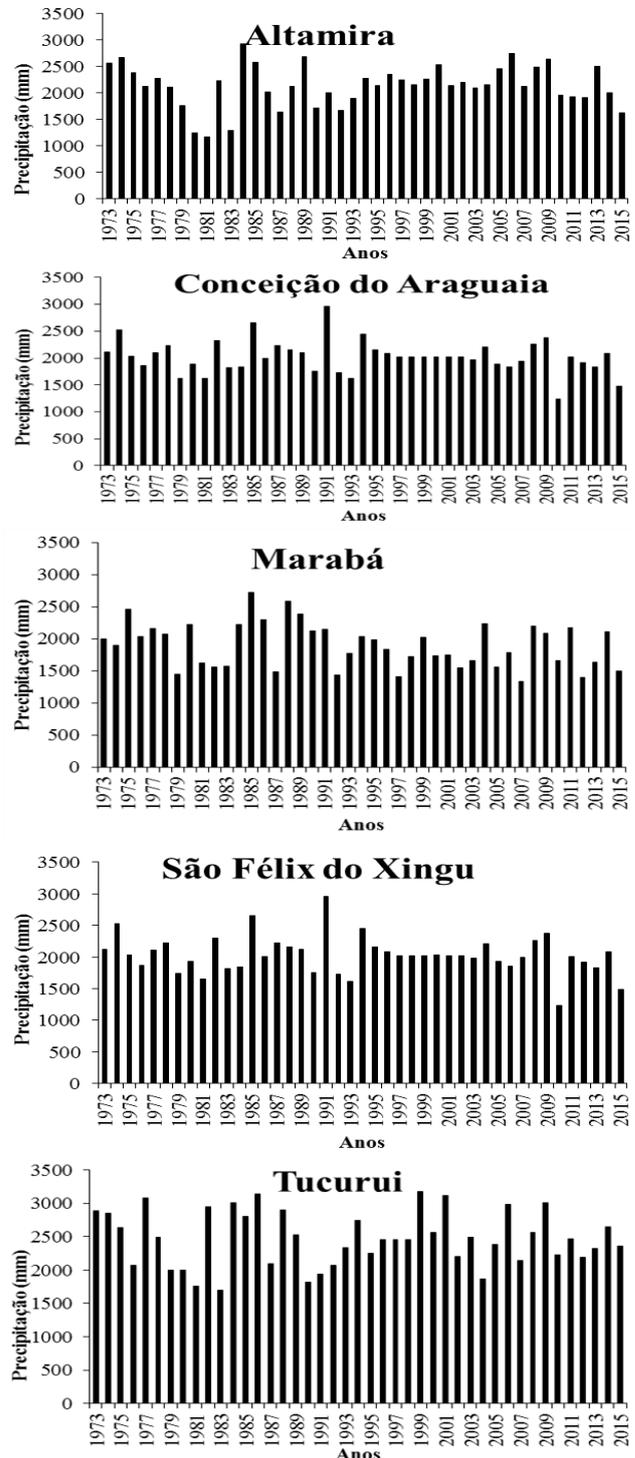


Figura 3 - Distribuição anual da precipitação dos municípios de Altamira (a), Conceição do Araguaia (b), Marabá (c), São Felix do Araguaia (d) e Tucuruí (e), pertencentes ao estado do Pará.

Comportamento das médias mensais

No geral os meses mais chuvosos são de novembro a maio onde ocorrem aproximadamente 90% da precipitação, destacando fevereiro e março onde a precipitação mensal foi superior a 320 mm. A variação sazonal da precipitação no Estado do Pará é caracterizada por uma estação chuvosa, que na maioria das localidades compreende os meses de dezembro a maio, e por uma estação menos chuvosa (estação seca) que corresponde geralmente ao período de junho a novembro (Moraes et al., 2005). Em uma análise mensal da os meses mais anômalos são da estação chuvosa (dezembro a maio), que apresentam uma variabilidade significativa em comparação com os meses da estação seca (junho a novembro) que praticamente permanecem dentro das médias previstas (Andrade, 2011).

Altamira (Figura 4), apresenta os meses de janeiro à maio como sendo os mais chuvosos, com 74% da precipitação anual, já os meses de agosto, setembro e outubro são os meses considerados secos com 5,82% da precipitação total anual.

Para Conceição do Araguaia (Figura 4), 75% da precipitação anual estão distribuídas de novembro a abril, e os períodos mais secos ficaram com os meses de junho, julho e agosto, com 5% da precipitação anual. Marabá apresenta 75,5% da precipitação anual distribuídas de dezembro a abril, sendo os meses secos de junho a setembro com 5,8% da precipitação.

São Félix do Xingu exibe 75,4% da precipitação anual distribuídas de novembro a abril e 4,9% dividida entre os meses de junho, julho e agosto. Com 84,6% da precipitação anual distribuídas de dezembro a maio e 4,7% distribuídas nos meses de julho, agosto e setembro, Tucuruí se destaca como a estação que apresenta maiores médias mensais de precipitação no período chuvoso.

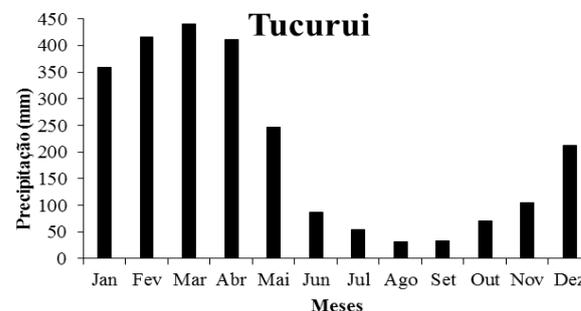
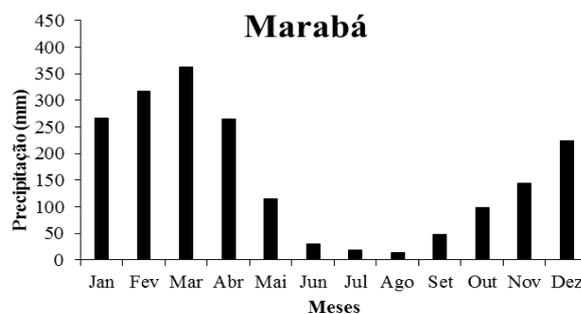
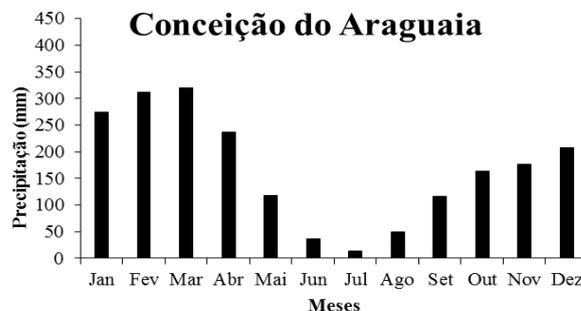
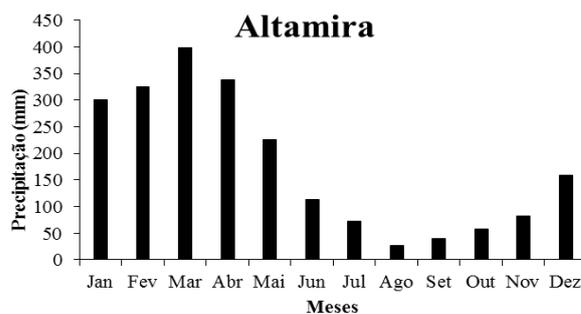


Figura 4 - Distribuição Mensal da precipitação dos municípios de Altamira (a), Conceição do Araguaia (b), Marabá (c), São Felix do Araguaia (d) e Tucuruí (e), pertencentes ao estado do Pará.

Andrade, (2011) em sua pesquisa sobre a variabilidade da precipitação pluviométrica de um município do estado do Pará ressalta que de maneira geral os meses da estação considerada chuvosa mostram uma variabilidade significativa em comparação com os meses da estação seca, o que também foi observado no presente trabalho.

Verifica-se pela distribuição sazonal das chuvas (Figura 4), quatro períodos distintos para a região em estudo, no geral o período seco vai de junho a setembro com média deste período igual a 50 mm o que equivale a 2,4% da precipitação total, o segundo período vai de outubro a novembro, é de transição entre o período seco e chuvoso, com 5,88% (124 mm) das chuvas anuais, o terceiro período, considerado chuvoso vai de dezembro a abril, com média mensal igual a 299 mm o que equivale a 14,2% da precipitação anual, o quarto período, considerado período de transição da estação chuvosa para a seca é o mês de maio com 7,8% precipitação anual.

Amanajas e Braga (2012) analisando os padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental, utilizando análise multivariada mostraram a existência de três padrões pluviométricos, a primeira, estação chuvosa, é influenciada diretamente pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal mecanismo gerador de chuvas no norte da região, a segunda, estação de transição, está associada a eventos de grande e mesoescala, tal como a ZCIT e as Linhas de Instabilidade, a terceira estação, a menos chuvosa, evidencia a influência da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, associada à penetração de sistemas frontais oriundos da região S/SE do Brasil, bem como sistemas de escala local.

Comportamento das médias decendiais

Na análise do comportamento da distribuição pluviométrica decendial (Figura 5) verificou-se que em cerca de 8 dos 36 decêndios (22,22%) apresentam precipitações acima de 100 mm. Com destaque para Tucuruí onde se observa que 13 dos 36 decêndios apresentaram precipitações acima de 100 mm. Batistão et al. (2013) verificaram para Juína/MT, município localizado no bioma Amazônico que em sete dos trinta e seis decêndios, ou seja 19,44%, a pluviosidade ultrapassou 100 mm.

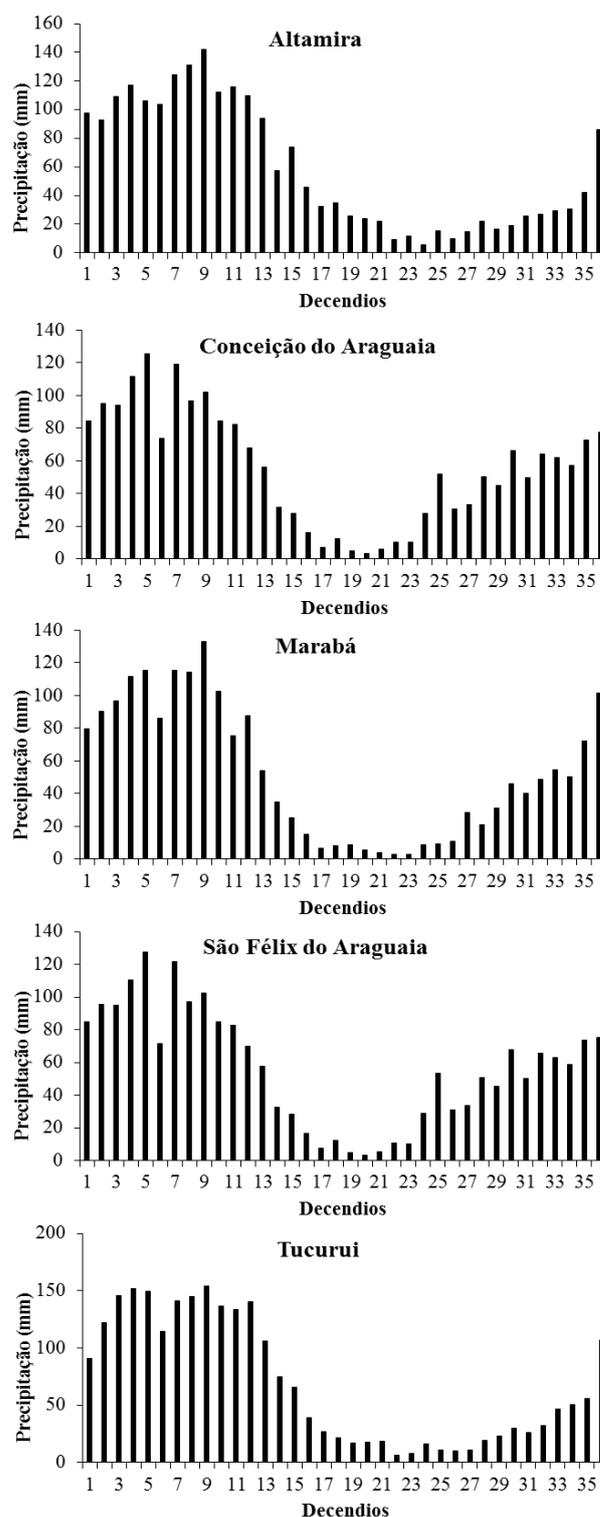


Figura 5 - Médias pluviométricas decendiais para os municípios de Altamira, Conceição do Araguaia, Marabá, São Felix do Xingu e Tucuruí, estado do Pará.

No geral, a precipitação pluviométrica começa a diminuir a partir do nono e decimo decêndio, chegando as menores precipitações no décimo sétimo decêndio com média igual a 16 mm

e $S = 12$ mm, a partir do decimo oitavo decêndio a precipitação volta a aumentar, destacando o trigésimo sexto decêndio onde a precipitação ficou acima de 100 mm para Marabá e Tucuruí. Observa-se que os municípios de Altamira e Tucuruí situados mais ao norte, tiveram maiores precipitações do que os municípios Marabá, São Félix do Xingu e Conceição do Araguaia, situados mais ao sul (Figura 5).

Martins et al. (2011) observaram que os municípios mais ao sul do estado de Mato Grosso apresentavam menor volume de precipitação pluviométrica quando comparados aos municípios mais ao norte no mesmo período do ano.

Quantificação de dias secos e chuvosos

Para análise de ocorrência de dias secos e chuvosos, foram considerados secos os dias em que a precipitação foi igual ou inferior a 5 mm e chuvosos quando a precipitação foi igual ou superior a 5,1 mm (Sans et al., 2001).

A média anual de dias chuvosos da região em estudo foi de 102 dias com desvio padrão igual há 13,1 dias. Dentre os municípios analisados, Conceição do Araguaia (Figura 6) e Marabá exibiram a maior e a menor média de números de dias chuvosos durante período analisado, com um total de 113,7 dias ($S = 6,2$) e 79,3 ($S = 4,9$) respectivamente, ambos apresentam médias mensais de dias chuvosos acima de 10 dias, sendo o primeiro de novembro a abril e o segundo de janeiro a abril.

Tavares, (2014) em seu trabalho sobre as características da climatologia do município de Macapá- AP, localizado na Amazônia oriental, relata que durante o ano, em média, Macapá - AP tem 169 dias com chuva, durante a estação chuvosa (dezembro a julho) e 196 dias sem chuva, durante a estação seca (agosto a novembro).

Com exceção de Marabá os demais municípios analisados apresentam os meses de janeiro a abril com os números de dias chuvosos superiores a de dias secos. Andrade (2011), relata que no município de Paragominas – PA o mês de março apresenta maior número de dias (25,16 dias) chuvosos que os secos.

Moreira et al. (2010) analisaram a distribuição mensal de dias secos e chuvosos no período de 1983 a 2007 para a cidade de Nova Maringá – MT e concluíram a quantidade de dias secos foi superior ao de dias chuvosos, exceto nos meses de novembro e dezembro.

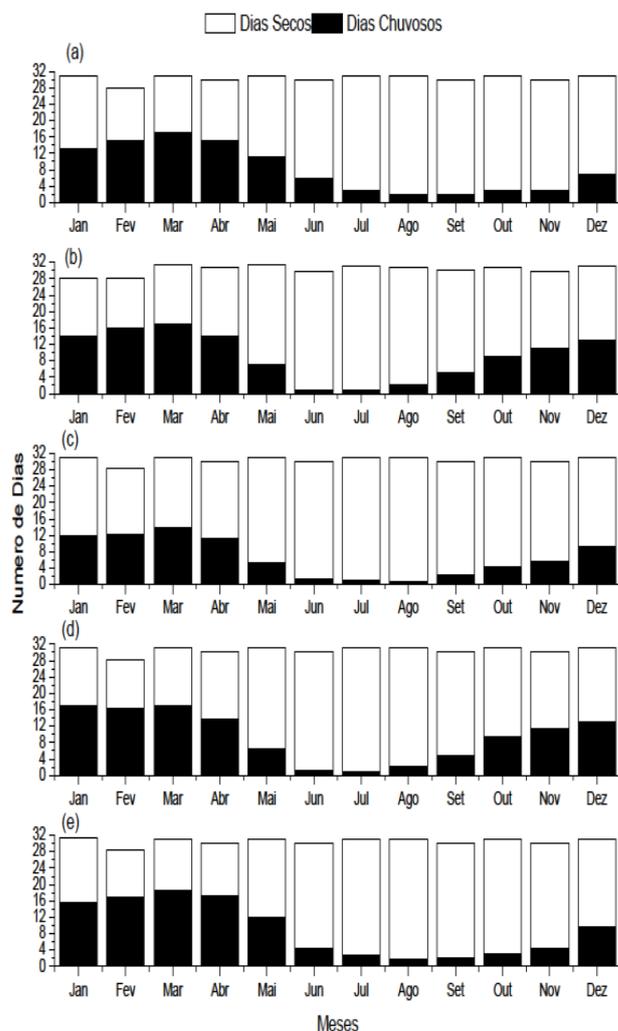


Figura 6 - Média mensal de dias secos e chuvosos para os municípios de Altamira (a), Conceição do Araguaia (b), Marabá (c), São Felix do Xingu (d) e Tucuruí (e), estado do Pará.

Ao dividirmos a média mensal da precipitação pela média de dias chuvosos do mesmo mês obtemos o volume de chuva por dia (mm d^{-1}), com isso, verificou-se uma média de lamina de água diária para a região igual ou superior a 21 mm d^{-1} ($S=1$), caracterizando a ocorrência de chuvas fortes na região, com destaque para Conceição do Araguaia e Marabá onde a média da intensidade de chuva foi de 18 mm.d^{-1} verificou-se que no mês de julho houve maior intensidade de precipitação com 27 mm d^{-1} .

Tavares, (2014) realizou o mesmo cálculo para Macapá – AP e constatou que o mês de Abril é o que apresenta os maiores valores para esta característica e o mês de setembro com dia os menores índices de chuva.

Conclusão

1. A maior variabilidade temporal de precipitação aconteceu no município de Tucuruí, onde a precipitação anual mínima e a máxima foram de 1694 mm no ano de 1983 e 3176 mm em 1999, respectivamente, com desvio-padrão igual a 411 mm.

2. Conceição do Araguaia e São Felix do Xingu apresentam variabilidade mensal semelhante para o período chuvoso (outubro a maio), com precipitação mínima próxima de 118 mm e máxima 321 mm.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa de pós-graduação em ambiente e sistema de produção agrícola, da UNEMAT, a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado, e ao INMET pela disponibilização de dados.

Referências

- Amanajás, J.C., Braga, C.C., 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27, 423–434. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862012000400006>.
- Andrade, F.S., 2011. Variabilidade da precipitação pluviométrica de um município do estado do Pará. *Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal*, 8, 138–145.
- Ávila, L.F., Mello, C.R. de, Pinto, L.C., Silva, A.M. da. 2014a. Partição da precipitação pluvial em uma micro bacia hidrográfica ocupada por mata atlântica na serra da Mantiqueira, MG. *Ciência Florestal*, 24, 583–595. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820142403007>.
- Ávila, P.L.R., Souza, E.B. de, Pinheiro, A.N., Figueira, W.S. 2014b. Análise da precipitação sazonal simulada utilizando o regcm4 sobre o estado do Pará em anos de extremos climáticos. *Revista Brasileira de Climatologia*, 14, 50–75. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v14i1.36127>.
- Batistão, A.C., Lavezo, A., Pessoa, M.J.G., Dallacort, R., Carvalho, M.A.C. de. 2013. Distribuição temporal e probabilidade de ocorrência de chuva no município de Juina(MT). *Revista Brasileira de Climatologia*, 13, 52–66. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v13i0.33704>.
- Debortoli, N., Dubreuil, V., Delahaye, F., Filho, S.R. 2012. Análise temporal do período chuvoso na Amazônia meridional brasileira (1971-2010). *Revista Geonorte*, 2, 382–394.
- Eli, K., Pitz, J.W., Neves, L. de O., Haveroth, R., Oliveira, E.C. de. 2013. Análise da distribuição da frequência de precipitação em diferentes intervalos de classes para Rio do Sul/SC. *Enciclopédia Biosfera*, 9, 106–113.
- Faria, R.T., Chibana, E.Y., Caramori, P.H. 2003. Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. *Engenharia Agrícola*, 23, 372 -387.
- Fisch, G., Marengo, J.A., Nobre, C.A., 1998. Uma Revisão Geral sobre o Clima da Amazônia. *Acta Amazônica - Fisch et al 1998.pdf*. *Acta Amazônica*, 28, 101–126.
- IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5)(Cambridge Univ Press, New York), p. 1535.
- Lopes, M.N.G., Souza, E.B. de, Ferreira, D.B. da S. 2013. Climatologia regional da precipitação no Estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, 18, 307–326. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v12i1.31402>.
- Marcuzzo, F.F.N., Oliveira, N. de L., Filho, R. de F.P., Faria, T.G. 2012. Chuvas na região Centro-Oeste e no Estado do Tocantins: análise histórica e tendência futura. *Boletim de Geografia*, 30, 19–30.
- Marengo, J.A. 2008. Água e Mudanças Climáticas. *Estudos Avançados*, 22, 83–96.
- Martins, J.A., Dallacort, R., Inoue, M.H., Galvanin, E.A. dos S., Magnani, E.B.Z., Oliveira, K.C. 2011. Caracterização do regime pluviométrico

- no arco das nascentes do rio Paraguai. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26, 639–647. Disponível: www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n4/a13v26n4.pdf.
- Moraes, B.C. de, Costa, J.M.N. da, Costa, A.C.L. da, Costa, M.H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amazônica*, 35, 207–214. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- Moreira, P.S.P., Dallacort, R., Magalhães, R.A., Inoue, M.H., Stieler, M.C., Silva, D.J. da; Martins, J.A. 2010. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, 8, 9–20. Disponível: http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/2_artigo_v8.pdf
- Quadro, M.F.L. de, Dias, M.A.F.S., Herdies, D.L., Gonçalves, L.G.G.de. 2012. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27, 152–162. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862012000200004>.
- Ribeiro, R.E.P., Ávila, P.L.R., Brito, J.I.B. de, Santos, E.G. do, Sousa, L.F. de. 2014. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7, 798–807. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233341/27113>.
- Sanches, F., Fisch, G., Words, K.E.Y. 2005. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí -PA. *Acta Amazonica*, 35, 41–50.
- Sans, L.M.A., Assad, E.D., Guimarães, D.P., Avellar, G. 2001. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na região centro oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9, 564–570. Disponível: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/revista/cap17.pdf>.
- Santos, C.A.C. dos, Melo, M.M.M.S., Brito, J.I.B. de. 2016. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31, 1–10. Disponível: DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130001>.
- Silveira, C. da S., Souza Filho, F.A. de, Martins, E.S.P.R., Oliveira, J.L, Costa, A.C., Nobrega, M.T., Souza, S.A. de, Silva, R.F.V. 2016. Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21, 416–428. Disponível: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p416-428>.
- Soares, A.S.D., Paz, A.R. da P., Piccilli, D.G.A. 2016. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21, 288–299. Disponível: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p288-299>.
- Souza, R.O.R.D.M., Scaramussa, P.H.M., Amaral, M.A.C.M. do., Pereira Neto, J.A., Pantoja, A.V., Sadeck, L.W.R. 2012. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 999–1005. Disponível: <http://www.agriambi.com.br/revista/v16n09/v16n09a11.pdf>.
- Souza, W.M. de., Azevedo, P.V. de. 2012. Índices de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação pluviométrica e das temperaturas em Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 01, 143–159. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232793>.
- Tavares, J.P.N. 2014. Características da climatologia de Macapá-AP. *Caminhos de geografia*, 15, 138–151. Disponível: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdeg eografia/article/view/26031>.