

CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MÉDIO SOLIMÕES-AM.

Rainfall characterization of the Middle Solimões-AM

Caracterización de la precipitación pluviométrica del Medio Solimões-AM.

Natacha Cíntia Regina Aleixo
Universidade Federal do Amazonas
natachaaleixo@yahoo.com.br

João Cândido Andre Silva Neto
Universidade Federal do Amazonas
joaokandido@yahoo.com.br

Resumo

O regime pluviométrico influencia a hidrologia da Região Amazônica e repercute nas atividades econômicas, ambientais e agrícolas, na mobilidade, entre outros aspectos. O objetivo desta pesquisa foi analisar a variabilidade pluviométrica na região do Médio Solimões, no estado do Amazonas. Para isso, foram coletados dados mensais e anuais por meio da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em decorrência da qualidade e disponibilidade dos dados, foi escolhido o período de 1992 - 2012 para essa análise. Utilizou-se, no tratamento dos dados, técnicas estatísticas descritivas e análise dos anos padrão definidos pelo percentil, além de técnicas geoestatísticas, como estimativa por *krigagem*, realizada no *software* Spring. Os resultados demonstraram que a média de precipitação pluviométrica anual foi de 2.600,6 mm. A espacialidade das chuvas demonstrou maior total anual na porção norte, no município Uarini, e sudoeste, no município de Carauari; e menores volumes na porção oeste, em Juruá, e leste em Coari. Verificou-se que, ao longo do ano, ocorreram variações no volume de chuvas em porções diferentes da região, ou seja, no período menos chuvoso ou denominado de seca, os maiores volumes de chuva ocorreram na porção norte e os menores na porção leste e Central, no município de Tefé; e a sudeste, na porção do município de Coari.

Palavras-chave: Clima; Precipitação Pluvial; Variabilidade; Médio Solimões; Amazonas.

Abstract

The pluviometric regime influences the hydrology of the Amazonian region and has repercussions on activities economic, environmental, agricultural, on mobility, among other aspects. The objective of this research was to analyze the rainfall variability in the Region of the Médio Solimões in the state of Amazonas. For that, were collected monthly and annual data of the period 1992-2012 from the National Water Agency (ANA) and the National Meteorological Institute (INMET). In consequence to the quality and availability of the data, was chosen the period from 1992 to 2012 for analysis. Were used in the treatment of dates, descriptive statistical techniques and analysis of the standard years defined by the percentile, as well as geostatistical techniques, as estimates by kriging, performed in Spring software. The results showed that the average annual rainfall was 2600.6 mm. The spatiality of rainfall showed the highest annual total in the northern portion, Uarini and south-west, in the municipality of Carauari, and smaller volumes in the west portion of Juruá and East in Coari. It was verified that during the year there are variations in the volume of rains in different portions of the region, in period less rainy or called drought, the highest volume rainfall

occurred in the North portion and the lowest in the East and Central portions, in the municipality of Tefé and Southeast, a portion of the municipality of Coari.

Keywords: Climate; Rainfall; Variability; Middle Solimões; Amazonas.

Resumen

El régimen pluviométrico influencia en la hidrología de la región amazónica y repercute en las actividades económicas, ambientales, agrícolas, en la movilidad, entre otros aspectos. El objetivo de esta investigación fue analizar la variabilidad pluviométrica en la región del Medio Solimões, en estado de Amazonas. Para eso, fueron recolectados datos mensuales y anuales a través de la Agencia Nacional de Aguas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorología (INMET). En consecuencia de la calidad y disponibilidad de los datos se eligió el período de 1992 a 2012 para ese análisis. Se utilizó en el tratamiento de los datos, técnicas estadísticas descriptivas y análisis de los años estándar definidos por el percentil, además de técnicas geoestadísticas, como estimación por krigagem, realizada en el software Spring. Los resultados demostraron que la media de precipitación pluviométrica anual fue de 2.600,6 mm. La espacialidad de las lluvias demostro mayor total anual en la porción Norte, municipio Uarini y Sudoeste, en el municipio de Carauari y menores volúmenes en la porción Oeste, en Juruá y Este en Coari. Se verificó que a lo largo del año ocurren variaciones en el volumen de lluvias en porciones diferentes de la región, en el período menos lluvioso o denominado de sequía, los mayores volúmenes de lluvia ocurrieron en la porción Norte y los menores en la porción Este y Central, en el municipio de Tefé y Sudeste, porción del municipio de Coari.

Palabras clave: Clima; Precipitación Pluvial; Variabilidad; Medio Solimões; Amazonas.

Introdução

A análise das chuvas, utilizando-se de série de dados, auxilia no diagnóstico de contextos diversos, tais como: disponibilidade hídrica para abastecimento, condições de pesca, produtividade agrícola e no regime fluvial. Além disso, permite a discussão do impacto das ações sociais no uso e ocupação da terra sobre as transformações da paisagem.

No Brasil, estudos realizados na Região Amazônica verificaram que as mudanças no uso da terra, provindas do desmatamento e substituição das áreas de floresta por pastagem e monoculturas, têm provocado o aumento da temperatura circundante e, em escala regional, a diminuição da precipitação pluvial e o aumento do período de meses de seca (BAGLEY et al., 2014; BUARQUE et al., 2010; NOBRE, 2001).

Contudo, as incertezas de alterações dos elementos climáticos na região ainda persistem, uma vez que ocorre a escassez de dados climáticos observacionais e também de pesquisas em recortes espaciais variados da Amazônia, prejudicando a confiabilidade dos modelos climáticos.

A precipitação na região é elevada, com totais pluviométricos superiores a 3.500 mm anuais em algumas localidades. De acordo com Marengo e Nobre (2009), cerca de 50% do vapor de água agregado à formação da precipitação pluvial, retorna à atmosfera por evapotranspiração, demonstrando a importância da conservação da floresta e de políticas públicas de planejamento territorial para o uso da terra, integrando os fatores dinâmicos da paisagem.

Segundo Marengo e Nobre (2009), apesar do *feedback* importante da precipitação devido a alta evapotranspiração na Amazônia, é difícil avaliar o ciclo hidrológico pela falta de estações de superfície e frequência espaço temporal de medidas.

A ocorrência de eventos extremos de precipitação também potencializa diferentes impactos que são observados frequentemente nas cidades, produzidas de maneira desigual, sem consideração dos fatores físico-naturais nas atividades de planejamento e produção do espaço, fato que ocorre em muitas cidades do estado do Amazonas (ALEIXO e SILVA NETO, 2015).

Deste modo, o objetivo do presente estudo foi analisar a variabilidade pluviométrica na região do Médio Solimões no estado do Amazonas.

Procedimentos metodológicos

Os dados de precipitação pluvial (mensais e anuais) foram coletados da Agência Nacional de Águas (ANA) pela plataforma *Hidroweb*. Em decorrência da qualidade e disponibilidade dos dados, foi escolhido para análise o período de 1992 a 2012. Também foram utilizados dados das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na região.

Para as estações que apresentaram dados mensais faltantes, foram utilizados dados das estações mais próximas e aplicadas técnicas de regressão para o preenchimento de falhas e, no caso da estação se situar em área distante de outro posto meteorológico, utilizou-se também da média estatística dos dados da própria estação pelo maior período de tempo disponível.

Os dados de chuva na região foram analisados de forma anual, sazonal e mensal, utilizando-se do tratamento estatístico por meio de médias, amplitude, valor máximo e mínimo, regressão, tendência, desvio padrão, coeficiente de variação e frequência do intervalo de classe.

Para caracterização anual das chuvas na região, em relação ao período analisado, utilizou-se a metodologia dos anos-padrão, proposta por Monteiro (1971), metodologia esta, aplicada em diversos estudos de variabilidade climática no escopo da climatologia (SANT'ANNA NETO, 1995; GALVANI e LUCHIARI, 2012; SILVESTRE et al., 2014).

Para isso, foi utilizada a técnica estatística do percentil, definindo os valores de 0% a 15% para anos secos; 15% a 35% para anos tendentes a secos; 35% a 65% para anos habituais; 65% a 85% para anos tendentes a chuvosos; e acima de 85% para anos chuvosos.

Verificou-se que, na região do Médio Solimões, a presença de estações meteorológicas é escassa. Boa parte apresentou falhas nos dados, e foi preciso utilizar-se de estações fora do limite da região para realização da interpolação dos dados em perspectiva regional, pelo método da *krigagem*. Foram selecionadas trinta e duas estações meteorológicas para compor a análise regional da precipitação pluvial na região, conforme Figura 1.

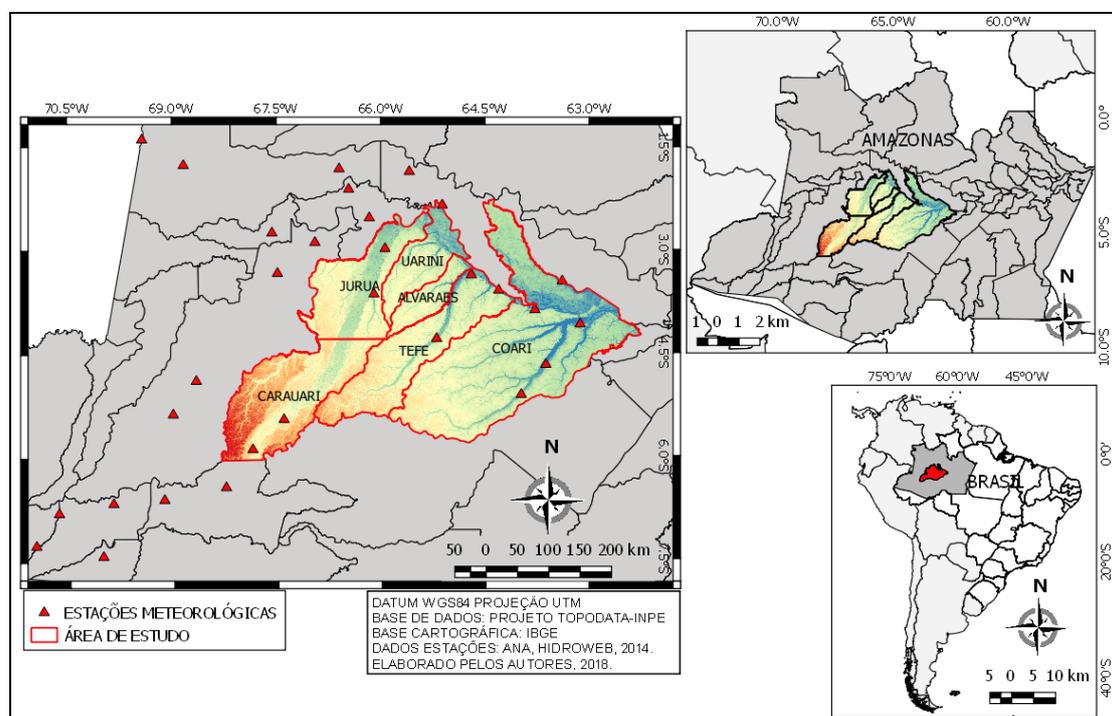


Figura 1: Área de estudo e localização das estações meteorológicas analisadas

Fonte: Dos autores (2018)

Assim, por meio da implementação da análise geoestatística no *software* Spring, foram processados os dados de precipitação pluviométrica com entrada no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), como amostras MNT (Modelo Numérico do Terreno), nas quais a cota Z correspondeu aos valores de chuva em mm.

Após a inserção dos dados de pluviosidade no SIG, utilizou-se o módulo de análise espacial do Spring, no qual foi realizada a análise geoestatística. Neste tipo de análise, inicialmente, é realizada a análise exploratória, a partir da qual, os padrões e relação das amostras são verificados.

O passo seguinte consiste na geração do semivariograma, bem como do seu ajuste, por meio do qual são readequados os parâmetros estruturais do semivariogramas, tais como: efeito pepita, contribuição (patamar) e alcance (amplitude).

O semivariograma tem função de medir a variância entre pontos separados por uma distância h ; deste modo, nos pontos próximos, a diferença e a variância são pequenas; em contrapartida, inversamente, a variância aumenta conforme a distância entre os pontos (YAMAMOTO & LANDIM, 2013).

Para Ferreira (2014, p.228), “os semivariogramas são modelos gráficos utilizados para se detectar o grau de dependência espacial entre dados geográficos em diferentes intervalos de distâncias crescentes”.

Assim, a variância foi estabilizada a partir de uma variância máxima, sendo assim, a partir de certa distância, essa variância máxima é denominada Patamar e, no caso do *software* Spring, é denominado Contribuição.

Após os ajustes dos semivariogramas, foi realizada a validação dos modelos de ajustes, em que se verifica a consistência dos parâmetros de relação dos dados, para que, em seguida, se implemente a interpolação por *krigagem*.

Conforme Ferreira (2014), a interpolação é um processo geoestatístico comum nos trabalhos de climatologia, por tratar de dados espaciais rarefeitos, como a distribuição dispersa de poucas estações meteorológicas, disponíveis apenas para alguns pontos no plano cartográfico. Por meio de interpolação, é possível realizar a elaboração de uma superfície de dados mais completa e ajustada a dados irregulares disponíveis.

Para a interpolação de dados de chuvas é indicado o algoritmo de *krigagem*, que é definido como um processo geoestatístico de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço e/ou no tempo, com base nos valores adjacentes, quando considerados interdependentes pela análise variográfica (YAMAMOTO & LADIM, 2013).

Utilizou-se no presente trabalho a *krigagem* ordinária, que é definido como um método local de estimativa, portanto, a estimativa em um ponto não amostrado é resultado da combinação linear dos valores encontrados na vizinhança próxima (YAMAMOTO & LADIM, 2013).

No *software* Spring após a validação do modelo de ajustes, a última etapa desse processo geoestatístico é a implementação da *krigagem*, na qual seleciona-se a categoria e plano de informação que receberá o modelo numérico do terreno com a superfície estimada pela *krigagem* (Figura 2).

Assim, o procedimento final da interpolação por *krigagem*, consistiu em criar uma estimativa de superfície a partir dos pontos distribuídos na área de estudo, gerando um modelo numérico de terreno, em que foram utilizados todos os parâmetros ajustados e validados do semivariograma.

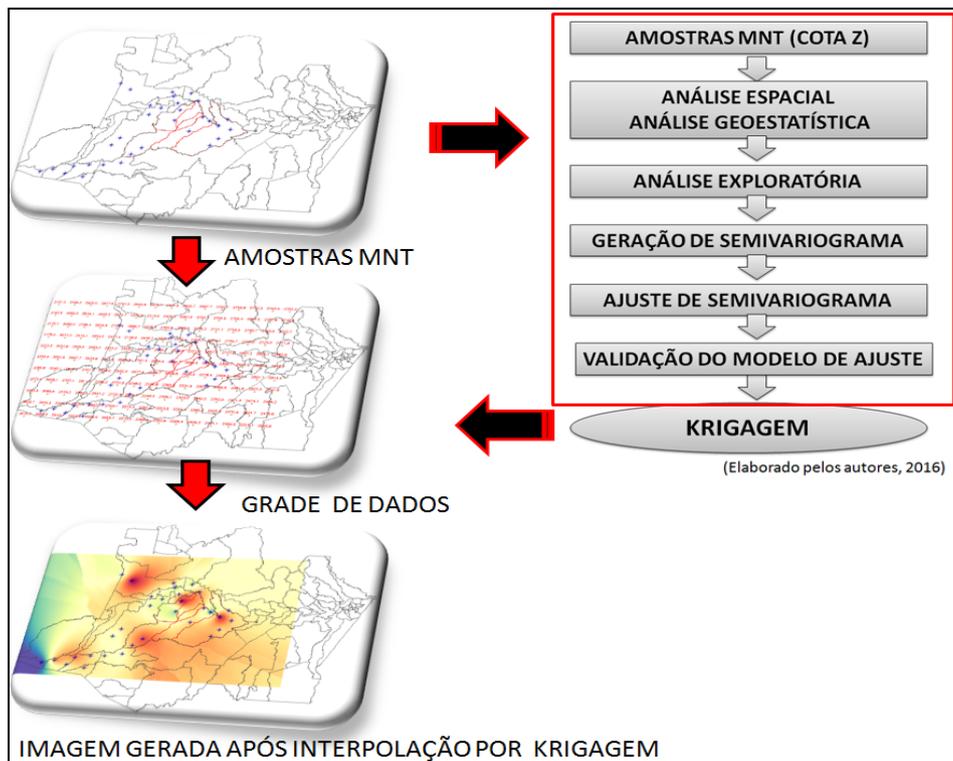


Figura 2: Organograma dos procedimentos geoestatísticos para *krigagem* no Spring
 Fonte: Dos autores (2018)

Dinâmica climática e as chuvas no Médio Solimões

A Região Amazônica apresenta pouca amplitude térmica sazonal. Por localizar-se próxima à faixa equatorial, recebe, durante todo o ano, alta incidência de radiação solar, que se reflete em temperaturas elevadas independentemente das estações do ano, com exceção dos dias com a presença de friagens.

Dois períodos sazonais ocorrem em intervalos de meses diferentes na região e são denominados popularmente de chuvosos e secos (com menor valor total de precipitação pluvial).

As chuvas na Região Amazônica são controladas por sistemas dinâmicos de grande escala como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a circulação de Hadley e Walker e pela associação atmosfera-oceano, por meio das anomalias da temperatura dos oceanos (TSM - Temperatura da Superfície do Mar) do Atlântico e Pacífico, que define modos de variabilidade e afetam a atuação da ZCIT e da circulação de Walker.

De acordo com Marengo e Nobre (2009, p.199-207), “um importante padrão de circulação equatorial associa-se aos ventos alísios que transportam umidade do Atlântico tropical para a Amazônia associado a uma maior pressão atmosférica no Atlântico tropical norte, durante o verão e outono”.

Predomina na região a atuação de sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Alta da Bolívia (AB). A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) também atua no período de novembro a abril, e contribui para o aumento dos totais de chuvas na região (MOLION, 1987; MARENGO e NOBRE, 2009).

A frequência de linhas de instabilidade durante a época denominada de seca na Amazônia central é também responsável pelas chuvas na região (MOLION, 1987; FISCH et al., 1998).

Os sistemas frontais entre os meses de junho e outubro em conjunto com a organização do movimento convectivo, contribuem para chuvas e diminuição da temperatura em partes da região (FISCH et al., 1998; KOUSKY e KAGANO, 1981).

Rickenbach (2013) diagnosticou que, durante o período de 1997 a 2007, a contribuição de chuvas isoladas em comparação à contribuição dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) variou de 1% a 8% do total de chuvas na região, dependendo da época.

Marengo et al. (2008), analisaram a seca de 2005 na Amazônia e verificaram que esta não afetou as partes central e leste da Amazônia, diferente do padrão *El Niño* de 1926, 1983 e 1998.

Contudo, Misra (2013) verificou a influência da temperatura do Atlântico sobre as chuvas da região interagindo com a ZCIT, ou seja, o aumento da temperatura no Atlântico Norte ocasiona o enfraquecimento da ZCIT e a diminuição das chuvas na região, fato que ocorreu em 2005 e que ocasionou grande seca na região.

Buarque et al. (2010), em análise geoestatística de chuva na Amazônia, demonstraram, como um todo, que as tendências de precipitação máxima foram ligeiramente negativas; a tendência do comprimento do período de seca foi ligeiramente positiva e a evolução no número de dias chuvosos foi ligeiramente negativa.

Esses aspectos podem estar intimamente relacionados à transformação da paisagem da Amazônia, que altera o balanço de radiação e o processo convectivo associado à formação das chuvas.

É importante destacar que a extensão da região e os distintos processos de uso e ocupação do solo não deixam margem a generalizações. Dessa maneira, devemos considerar a pesquisa de Satyamurty et al. (2010), que analisaram as chuvas em diferentes localidades da Amazônia brasileira e verificaram que existe uma tendência crescente de precipitação em Barcelos, Belém, Manaus, Rio Branco e Soure; neste contexto, apenas Itatiba apresentou tendência decrescente. Os valores de chuva antes e depois de 1970 mostram que a tendência de queda é fraca, dessa forma, não se pode afirmar que a precipitação na Bacia Amazônica está passando por mudanças significativas, exceto por poucas estações individuais.

Paiva et al. (1995), analisaram a tendência da série de chuvas na Bacia Amazônica e demonstraram a tendência temporal positiva e negativa aproximadamente iguais, todavia, as análises dos dados mensais demonstraram que as tendências negativas são maiores do que as positivas. Nos anos analisados, as tendências negativas parecem ter ocorrido com maior frequência na Amazônia ocidental e central e as tendências positivas na Amazônia oriental.

Dessa forma, para o Médio Solimões é importante compreender o comportamento da precipitação pluvial na série histórica, considerando que, nessa área, o uso da terra ainda não foi fortemente alterado pelo desmatamento, como no caso do sul da Região Amazônica.

No Médio Solimões a precipitação pluvial apresentou-se acentuada comparada a que ocorre no restante do território brasileiro. Caracterizou-se com valor médio histórico anual de 2.600,6 mm na região.

Os anos habituais foram 1992, 1997, 2000, 2001, 2004, 2006, 2008, 2011; os anos chuvosos, com precipitação acima da média histórica, foram 2012, 2009, 2002, 1999, 1994 e 1993; e os anos considerados secos, devido à precipitação abaixo da média histórica, foram 1994, 1995, 1998, 2005, 2007 e 2010, conforme pode ser observado na Figura 3.

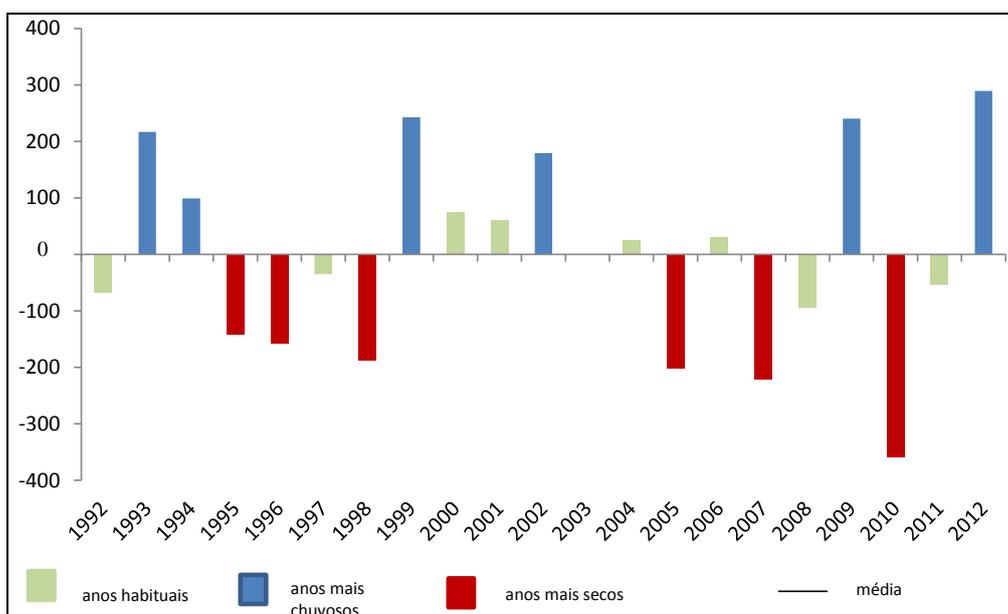


Figura 3 - Média e total anual na região do Médio Solimões-AM (1992-2012)
 Fontes: ANA e INMET. Organizado pelos Autores (2018)

Dentre os anos considerados chuvosos o evento *La Niña* relacionou-se ao ano de 1999 e 2011/2012; os outros anos apresentaram intensidades fracas e moderadas.

Nos anos considerados secos ocorreu o evento *El Niño* nos anos de 1994/1995, 1998. No ano de 2010, considerado seco ocorreu um episódio de *El Niño* no final do ano de 2009 e início de 2010, que também apresentou anomalias positivas da TSM no Atlântico Norte. Desta maneira, a seca de 2010, se relacionou a ação das células de Walker e Hadley em conjunto por vários meses de 2010 (CAVALCANTI et al., 2013).

Assim, entende-se que a dinâmica pluvial anual não é exclusivamente comandada pela ocorrência dos eventos *El Niño* e *La Niña*, e quando os mesmos ocorrem, os totais pluviométricos não representam um padrão único de homogeneidade no nível regional no Médio Solimões, determinante de tendência seca ou chuvosa no período analisado.

As médias mensais nos postos pluviométricos e estações meteorológicas na região demonstraram que o período mais chuvoso se concentrou entre os meses de dezembro e maio. A partir desse mês, as chuvas diminuem abaixo de 200 mm, sendo o mês de agosto considerado o menos chuvoso, com média mensal de 116 mm. O período de junho/outubro é considerado mais seco. A partir de outubro, o total de chuvas aumenta, mas apenas em novembro apresentou-se com valor médio mensal superior a 200 mm; em dezembro, atingiu valor superior a 250 mm em média.

Dessa forma, considera-se na região, o período de dezembro a maio como semestre chuvoso; e o período de junho a outubro como seco, o que pode ser observado na Figura 4.

Apesar da Região Amazônica não apresentar as características marcadamente sazonais da mudança de estações climáticas (primavera, verão, outono e inverno) em relação à temperatura do ar, pela sua localização em latitude baixa, a análise das chuvas na região, relacionadas em porcentagem total, demonstrou que o período mais chuvoso se concentrou nos meses de dezembro/maio, contribuindo com 63% do volume total da região; já o período de meses de junho/agosto contribuiu apenas com 16% do total de chuvas na região; e os meses de setembro/novembro com 21% do total.

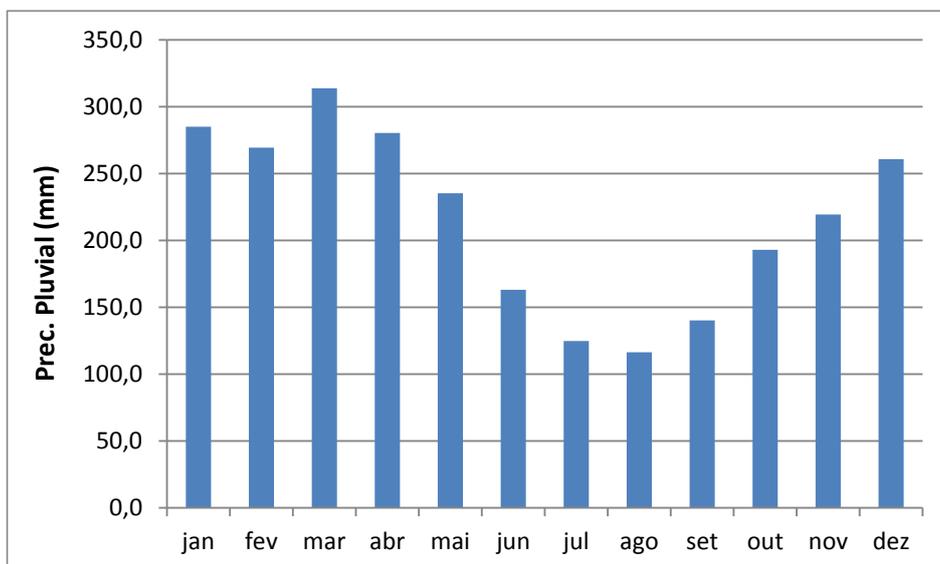


Figura 4 - Chuvas médias mensais na região do Médio Solimões (1992-2012)

Fontes: ANA e INMET. Organizado pelos Autores (2018)

A análise do desvio padrão das chuvas na região permitiu verificar os anos em que os desvios da média foram maiores ou menores. A partir da Figura 5, observou-se que os anos com desvios negativos de chuvas foram 1992, 1995, 1996, 1997, 1998, 2005, 2007, 2010 e 2011; os anos com desvio positivo foram 1993, 1994, 2000, 2001, 2002, 2003 e 2004, 2008, 2009 e 2012. O ano de 2006 apresentou-se sem desvios significativos para região.

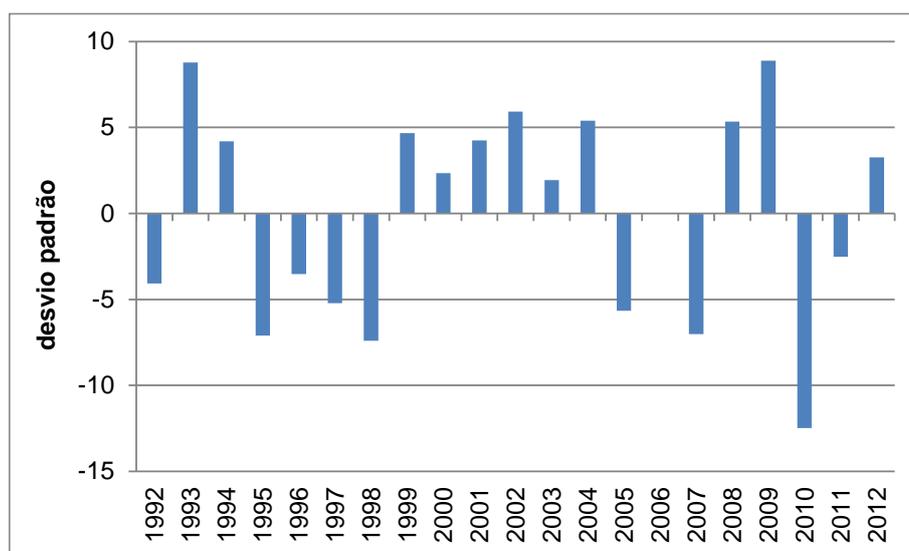


Figura 5 - Desvio padrão anual das chuvas na região do Médio Solimões

Fontes: ANA e INMET. Organizado pelos Autores (2018)

O desvio padrão dos dados mensais demonstrou que, na região, os meses de dezembro a maio obtêm desvio positivo; e os meses de junho a outubro, desvios negativos, já o mês de novembro se apresentou como transicional, uma vez que o desvio positivo observado foi baixo (1,2 mm apenas acima da média), conforme Figura 6.

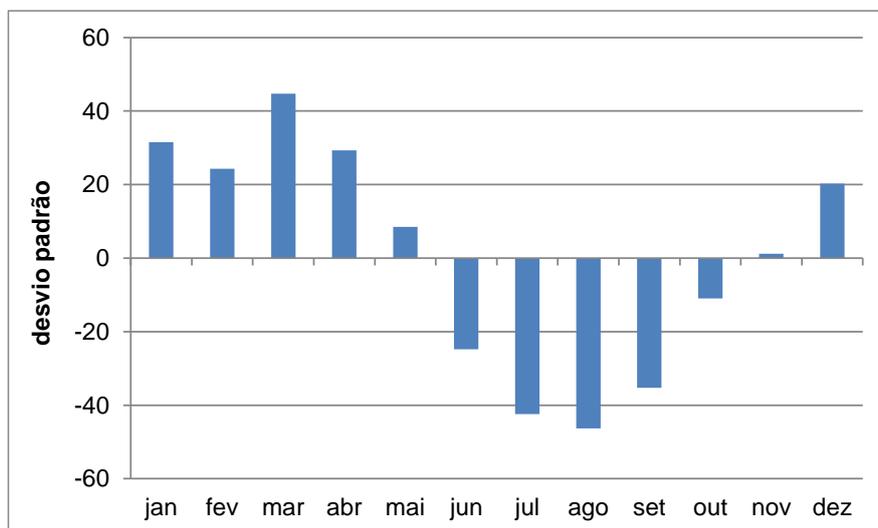


Figura 6. Desvio médio mensal na região do Médio Solimões
 Fontes: ANA e INMET. Organizado pelos Autores (2018)

A partir dos dados de precipitação pluvial analisados, verificou-se também a reta de tendência dos totais anuais chuvosos. Para análise da reta de tendência de cada estação meteorológica utilizou-se da técnica de regressão linear que aponta o valor de R^2 (índice de determinação) e, mais especificamente dos resultados do valor de β , gerado a partir das equações lineares nas retas dos gráficos de cada série histórica.

A estação meteorológica Xibaua, de acordo com seus dados, foi a que mostrou o maior ganho de precipitação em mm, apresentando valor de $\beta=187,92$; e o posto que apresentou maior diminuição da tendência anual de precipitação foi São Pedro Maraã, com valor de $-141,26$ mm. Em geral, dezessete postos apresentaram aumento dos totais anuais em mm de precipitação ao longo dos anos; e quinze apresentaram diminuição em mm. A mediana dos valores dos postos com ganhos em precipitação foi de 32 mm, e o valor mínimo de ganho foi encontrado na estação Barreirinha. A diminuição dos valores de precipitação, ao longo dos anos nas séries, demonstrou mediana de 17 mm e o valor mínimo foi encontrado na estação Seringal Boa Fé.

Essa distribuição aponta que a precipitação pluvial na região apresenta uma variabilidade ao longo dos anos e estações. Não se pode afirmar a existência de um padrão de tendência único (aumento ou diminuição) pelos resultados encontrados com a aplicação da técnica, pois, apesar de terem mais estações apresentando elevação dos totais pluviais, esse número é pouco elevado em comparação com as que apresentaram diminuição.

As séries que apresentaram reta de tendência negativa, apesar de não obterem um coeficiente de determinação (R^2) forte, foram Barro Alto, Forte das Graças, Foz do Gregório, Ipixuna, Japurá Villa Bitencourt, Maraas, Porto Seguro, São Pedro Maraã, Seringal Moreira e Vista Alegre.

Por outro lado, as séries que apresentaram reta de tendência positiva, apesar de não obterem um coeficiente de determinação forte, foram Conceição, Envira, Estirão Santa Cruz, Fonte Boa, Japurá Acanauí, Jutica, Liberdade, Mangueira, Marimari, Soledade, Tefé e Xibaua.

Os maiores totais anuais de chuva da região ocorreram na porção norte e sudoeste nos municípios de Uarini e Juruá, e em parte de Tefé e Carauari, com totais superiores a 3.200mm anual nas séries pluviométricas. Os menores totais pluviométricos da região apresentam-se com valores inferiores a 2.100 mm na porção leste e oeste compreendendo a parte central da área do município de Carauari (Figura 7).

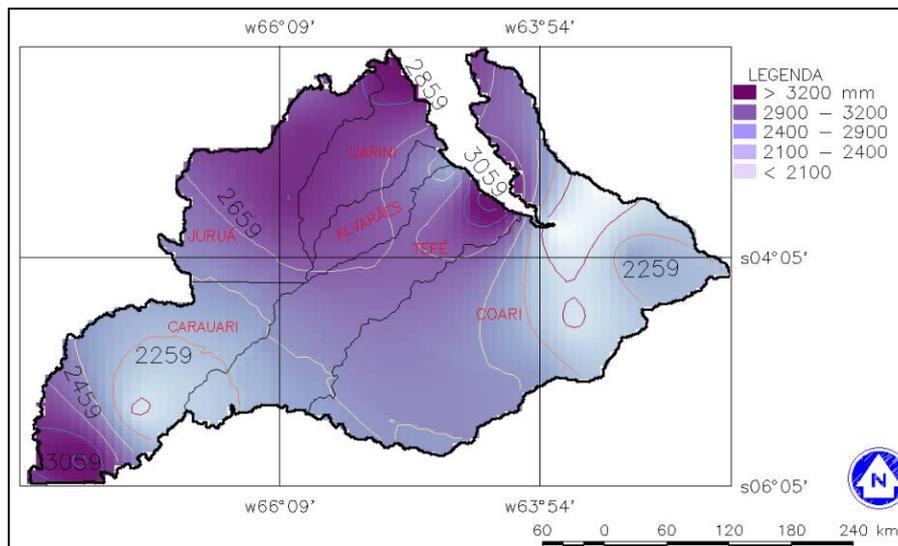
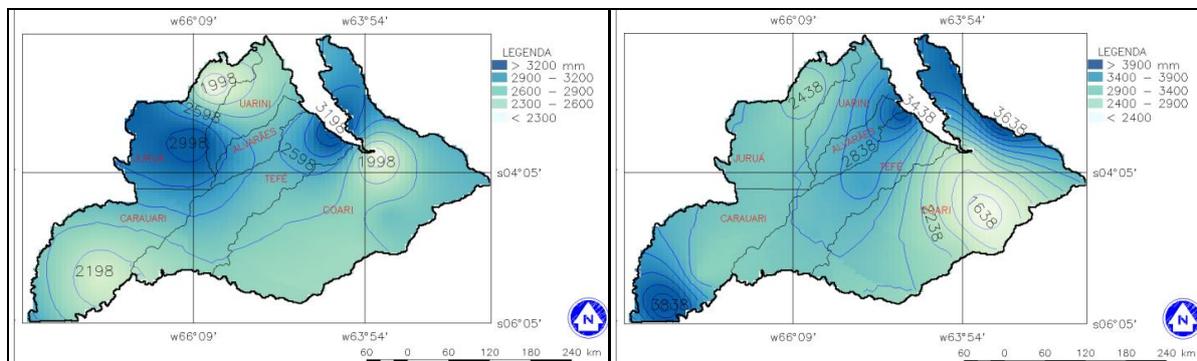


Figura 7. Média do total de chuva anual na região do Médio Solimões
Fonte: Dos autores (2018)

Os desvios médios das chuvas no Médio Solimões apresentam-se de maneira mais discrepante na porção noroeste e extremo sudoeste e os menores na parte central da região.

As Figuras 8 e 9 demonstram que a média anual das chuvas nas duas décadas analisadas são espacialmente diferentes. Na década de 1993-2002, os maiores totais concentravam-se na porção oeste (Juruá) e parte da porção central (Tefé); e os menores na porção sudoeste (Caraoari), noroeste (Uarini) e leste (Coari). Porém, na década seguinte, os maiores totais concentraram-se na porção sudoeste, parte da central e nordeste; e os menores, novamente, na porção Leste.

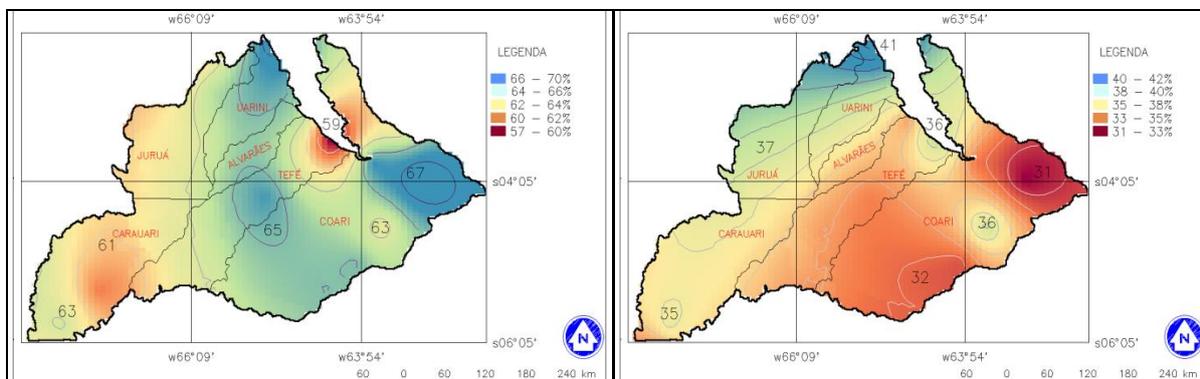


Figuras 8 e 9. Média de chuva decadal 1993-2002 (esquerda) e 2003-2012 (direita)
Fonte: Dos autores (2018)

Durante o período sazonal de maior e menor precipitação pluvial, os totais de chuva na região são diferenciados: os maiores volumes de chuva, nos meses chuvosos, ocorrem na porção leste, central e norte (parte Uarini); e os menores volumes na parte nordeste, oeste, noroeste e sudoeste. Ressalta-se que os períodos mais úmidos dentro da estação chuvosa são caracterizados pela presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), Alta da Bolívia (AB) e Linhas de Instabilidade e Aglomerados Convectivos (AC).

No período menos chuvoso e denominado de seca, os maiores volumes de chuva média mensal ocorreram na porção norte e os menores na porção leste, central e sudeste, com maior atuação dos sistemas Massa Equatorial Continental, Linhas de Instabilidade e Aglomerados Convectivos. (Figuras 10 e 11).

Durante os anos analisados, as isoietas mostraram que, em relação a toda a área da região, a porção norte é a que concentra os volumes anuais mais altos de chuvas. Este comportamento, por conseguinte, torna evidente a diferenciação pluvial existente dentro da área estudada, com chuvas mais volumosas no norte e também na parte central, desde a última década, provocadas pela atuação de diferentes sistemas atmosféricos.



Figuras 10 e 11. Sazonalidade das chuvas no período chuvoso e seco.
 Fonte: Dos autores (2018)

O ano mais chuvoso de toda a série histórica foi 2012, como se pode observar na Figura 12, com média de 2.825mm na região.

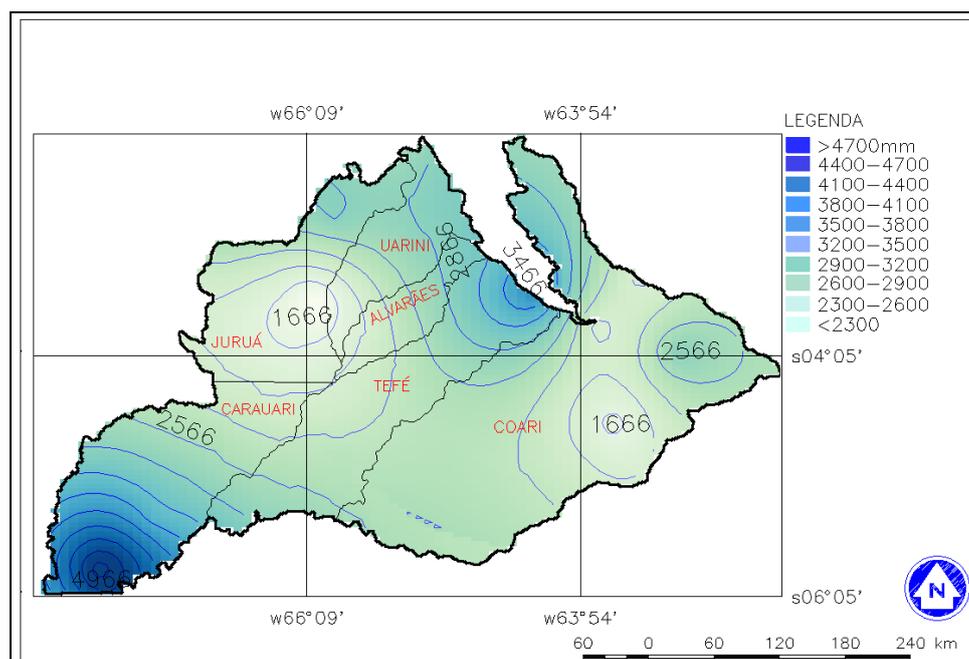


Figura 12. Precipitação anual na região do Médio Solimões no ano de 2012
 Fonte: Dos autores (2018)

Por outro lado, os anos de 2010 e 1998, nesta ordem, se destacaram como sendo os mais secos, tendo em vista os valores mais baixos de chuvas em relação aos dos demais anos, conforme a Figura 13, referente ao ano de 2010, com média anual de 2.177 mm na região.

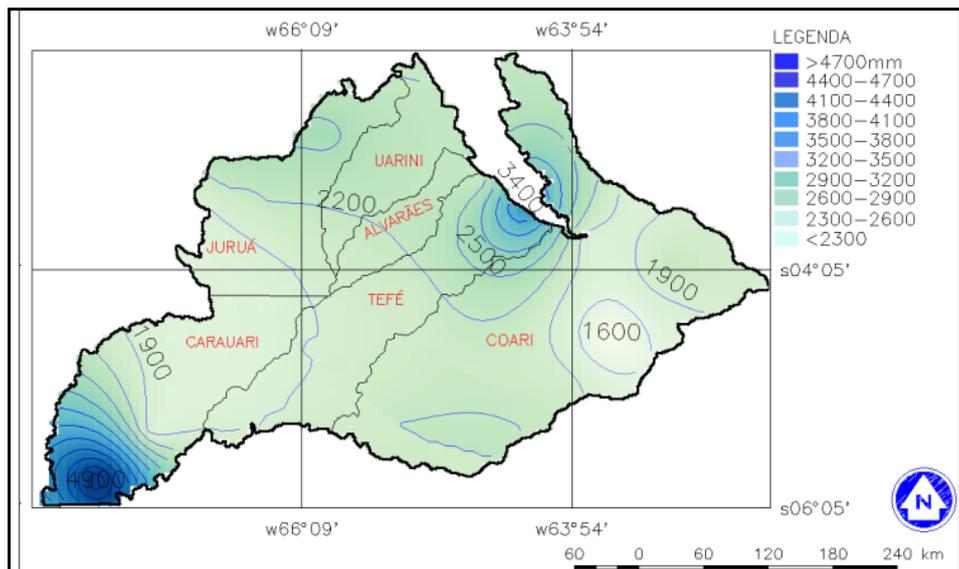


Figura 13. Precipitação anual na região do Médio Solimões no ano de 2010

Fonte: Dos autores (2018)

Observou-se que, durante os meses referentes ao período chuvoso, os maiores volumes médios de chuvas se concentraram na região central e sudoeste e centro-oeste da região; ficando os mais baixos na região norte, leste e oeste, nos primeiros três meses do ano. Posteriormente, em abril, a parte norte também apresenta elevado volume chuvoso e torna-se a porção com maior volume mensal, mesmo nos meses de seca, até o mês de setembro, conforme observado nas Figuras 14 e 15.

Estas características pluviais, por sua vez, estão intimamente ligadas à ação dos diversos sistemas atmosféricos que agem sobre a região e, cujos movimentos rítmicos, vão moldando os meses e estações do ano na área, no âmbito da pluviosidade em diferentes áreas.

Pode-se inferir que os sistemas atuam de maneira mais acentuada primeiramente na porção central e sudoeste, depois na parte centro-oeste e, posteriormente, na região norte, onde, depois do período mais chuvoso, alguns sistemas atmosféricos continuam atuantes na seca contribuindo com o total de chuvas mais elevado que nas outras partes da região.

A partir do mês de junho, os índices pluviométricos na região diminuem até o mês de outubro em todas as partes. A atuação de determinados sistemas atmosféricos na porção sudoeste aumenta os níveis pluviométricos nessa parte. No mês de novembro, grande parte da região ainda apresenta baixo total pluviométrico exceto na porção sudoeste. No mês de dezembro, os totais de chuva na parte sudoeste são os mais elevados. Ainda nesse mês, a porção central e sul apresentam aumento do volume de chuvas, caracterizando a entrada do período das águas na região.

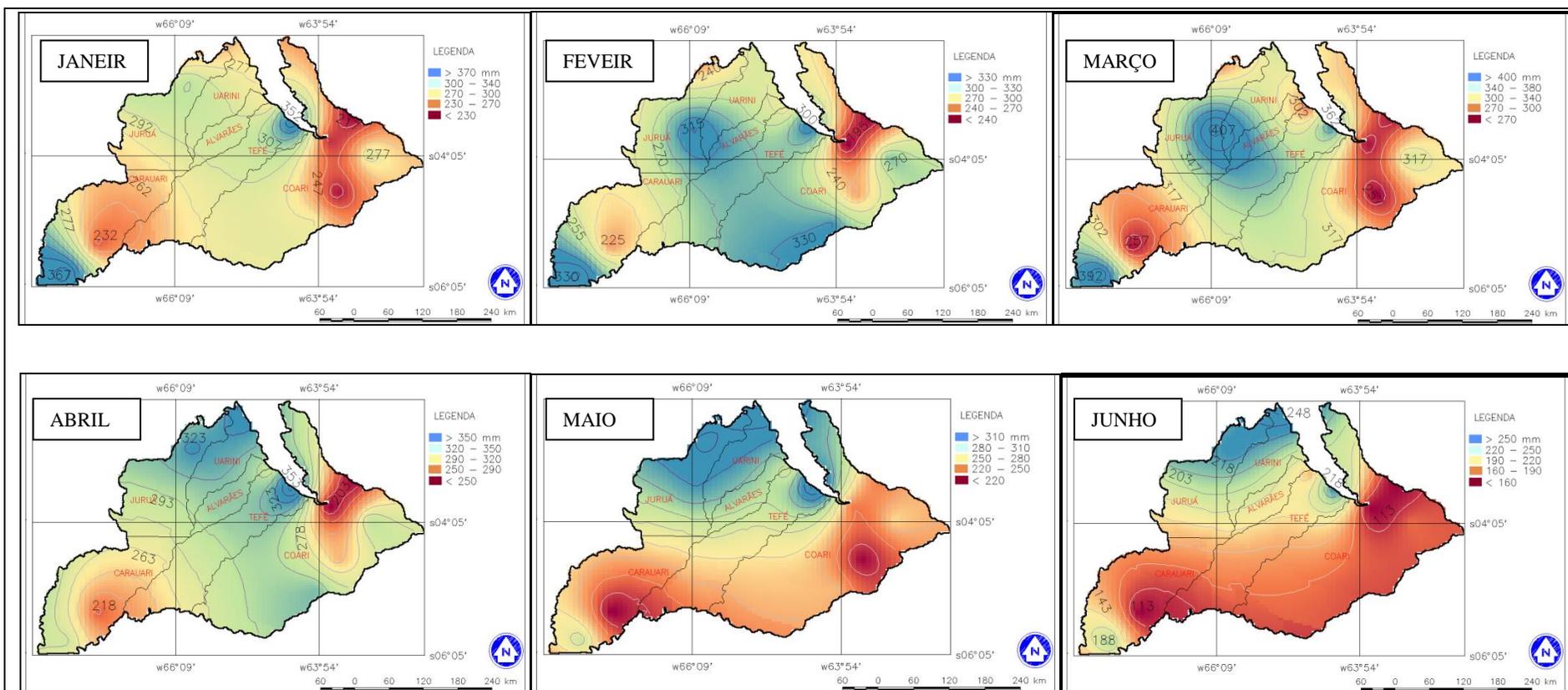


Figura 14. Quadro dos mapas de chuva média mensal na região do Médio Solimões do período de janeiro-junho (1992-2012)
Fonte: Dos autores (2018)

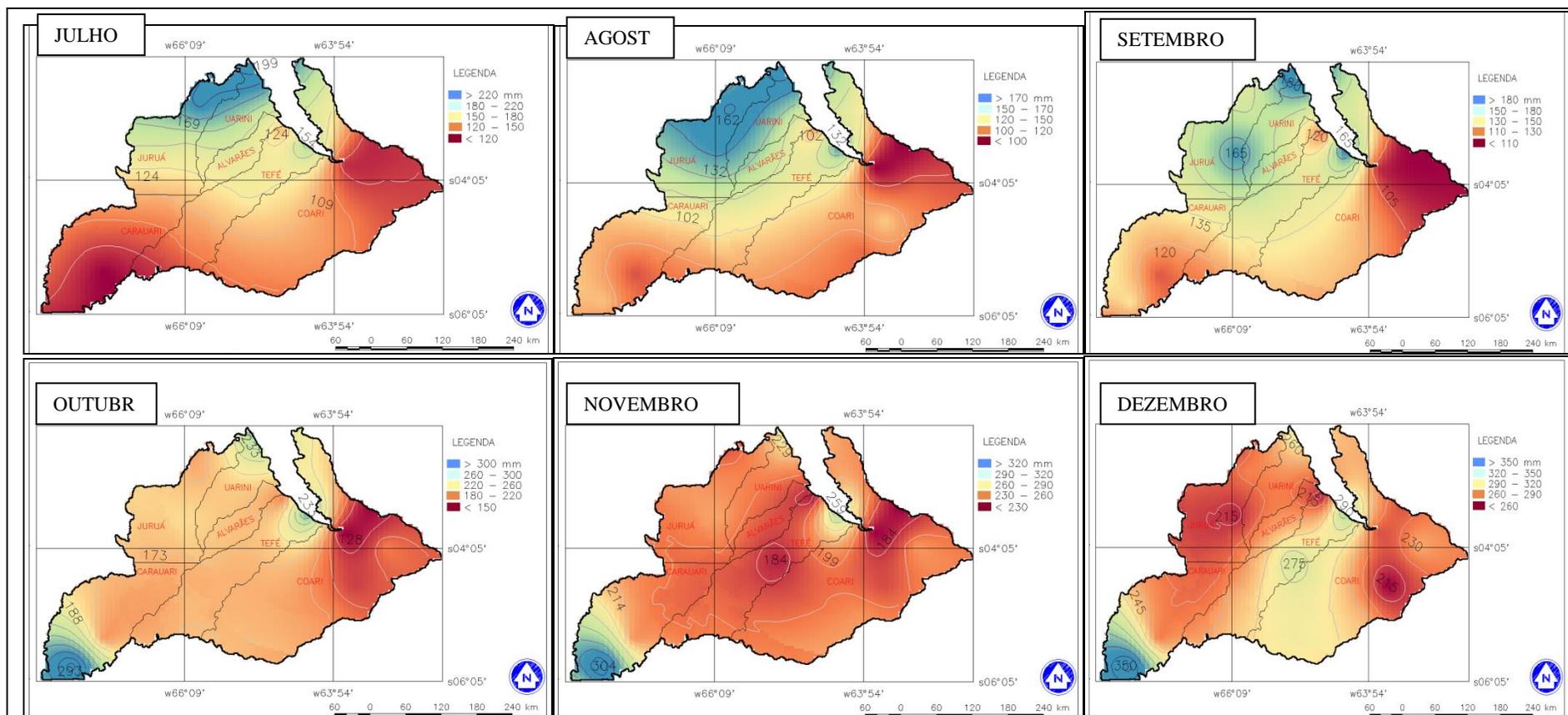


Figura 15. Quadro dos mapas de chuva média mensal na região do Médio Solimões do período de julho-dezembro (1992-2012)

Fonte: Dos autores (2018)

Considerações finais

A análise dos dados, por meio das técnicas utilizadas, permitiu a compreensão da caracterização pluvial da região do Médio Solimões em temporalidade e espacialidades distintas.

A variabilidade pluviométrica da região na série histórica analisada demonstrou a inexistência de tendência homogênea nos postos pluviométricos de diminuição ou aumento do volume anual das chuvas.

Observou-se que durante os meses referentes ao período chuvoso (dezembro a maio), os maiores valores médios de chuvas se concentraram na região central e sudoeste e centro-oeste da região, ficando os mais baixos na região norte, leste e oeste nos primeiros três meses do ano. Posteriormente, em abril, a parte norte também apresenta elevado volume chuvoso e torna-se a porção com maior volume mensal, mesmo nos meses de seca, até o mês de setembro.

Dessa maneira, os resultados encontrados podem dar subsídios para outros estudos da climatologia na região e podem auxiliar nas diretrizes, planejamento ambiental, econômico e agrícola para os municípios analisados da região do Médio Solimões.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), processo número 062.01543/2018, pela concessão de recurso financeiro por meio do Edital nº 04/2017 PPP - Programa de Infraestrutura para Jovens Pesquisadores – Programa Primeiros Projetos.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Séries Históricas de Estações**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 25 jul. 2014.

ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Precipitação e risco em Tefé-AM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n.4, p.1176-1190, 2015.

BAGLEY, J. E; DESAI, A. R.; HARDING, K. J.; SNYDER, P. K.; FOLEY, J. A. Drought and Deforestation: Has Land Cover Change Influenced Recent Precipitation Extremes in the Amazon?, **Journal of Climate**, v.27. n.1, p.345-361, 2014.

BUARQUE, D. C.; CLARKE, R. T.; MENDES, C. A. B. Spatial correlation in precipitation trends in the Brazilian Amazon. **Journal of geophysical research-atmospheres**, v. 115, D12108, p.1-14, 2010.

CAVALCANTI, I. F. A.; SILVEIRA, V. P.; ALVES, L. M. Características atmosféricas e oceânicas em anos de seca. In: **Secas na Amazônia: causas e consequências**. BORMA, L.S.; NOBRE, C. (Orgs.). São Paulo: Oficina de Textos, p.56-76, 2013.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: Teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. São Paulo: Editora UNESP, 2014. 344p.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral do clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.28, n. 2, p.101-126, 1998.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. Curitiba: Editora CRV, 2012. cap 2, p.19-32.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa**. Brasília. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

KOUSKY, V. E.; KAGANO, M. T. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region. **Acta Amazônica**, v.11, n.4: 743 - 758, 1981.

MARENGO, J. A., NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v.21, n.3, p.495-516, 2008.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. Clima da região Amazônica. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 13, p.197-207.

MISRA, V.; DINAPOLI, S. M. The observed teleconnection between the equatorial Amazon and the Intra-Americas Seas. **Journal Climate Dynamics**, v.40, n.12, p.2637-2649, 2012.

MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.2, n.1, p.107-117, 1987.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. *Climatologia*, São Paulo, n.1, p.1-21, 1971.

NOBRE, C. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Revista Parcerias estratégicas**. v.6, n. 12, p.239-258, 2001.

PAIVA, E. M. C. D. de, CLARKE, R. T. Time trends in rainfall records in Amazonia. **Bulletin of American Meteorological Society**, v.76, n.11, p.2203 - 2209, 1995.

RICKENBACH, T. M. Seasonal and regional differences in the rainfall and intensity of isolated convection over South America. **Internacional Journal of Climatology**, v.33, n.8, p.2002-2007.

SANT`ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo, 1995. 300f.

SATYAMURTY, P. Rainfall trends in the Brazilian Amazon Basin in the past eight decades. **Theoretical and Applied Climatology**. v.1,2, n.99, p.139-148, 2010.

SILVESTRE, M.; SANT`ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, n.20, v.2, p. 23-53, 2013.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M, B. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215p.