

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA CHUVA, NA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM-PARÁ: CONTRIBUIÇÕES DA TÉCNICA DE SENSORIAMENTO REMOTO

Marcos Ronielly da Silva Santos

Universidade Federal do Pará, Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, PA, Brasil
mronielly@yahoo.com.br

Maria Isabel Vitorino

Universidade Federal do Pará, Instituto de Meteorologia, Belém, PA, Brasil
vitorino@ufpa.br

Marcia Aparecida da Silva Pimentel

Universidade Federal do Pará, Instituto de Geografia, Belém, PA, Brasil
mapimentel@ufpa.br

Jeferson Inayan de Oliveira Souto

Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, PA, Brasil
inayan@outlook.com

Rebido em: 06/07/16; Aceito em: 10/04/17

RESUMO

A identificação da distribuição espacial e temporal da precipitação de uma região corrobora para a gestão eficiente das políticas públicas, e para o desenvolvimento socioambiental em centros urbanos. A mesorregião metropolitana de Belém detém a maior concentração populacional e urbana da Amazônia Oriental, apresentando elevados índices pluviométricos, durante todo o ano. Neste contexto, este trabalho visa analisar a distribuição espacial e temporal da chuva na mesorregião metropolitana de Belém, associando os principais sistemas precipitantes que contribuem para a sazonalidade regional. Para isto, se utilizou o sensoriamento remoto por meio da técnica do CPC MORPHing (CMORPH), com resolução temporal de 30 min e espacial de 8 km. Os resultados mostram que a alta resolução espacial dos dados CMORPH evidenciou de modo satisfatório a sazonalidade regional, com elevados índices pluviométricos durante o período chuvoso (Dez – Mai) na porção leste e sul da mesorregião, e baixos índices no período menos chuvoso (Jun – Nov) na porção oeste e norte da mesorregião. Trabalhos que visem à interdisciplinaridade podem contribuir de forma eficaz para estruturação das ciências ambientais e para a tomada de decisões.

Palavras-chave: Precipitação; Detecção remota; Amazônia.

ANALYSIS OF THE SPACE-TEMPORAL DISTRIBUTION OF RAIN, IN THE METROPOLITAN REGION OF BELÉM-PARÁ: CONTRIBUTIONS OF THE REMOTE SENSING TECHNIQUE

ABSTRACT

The identification of the spatial and temporal distribution of the rainfall of a region supports the efficient management of the public policies and for the socioenvironmental development in the urban centers, as well. The metropolitan region of Belém embraces the largest population and urban concentration of the Eastern Amazon, presenting high rainfall rates throughout the year. In this context, this work focus to analyze the spatial and temporal distribution of rainfall in the metropolitan region of Belém, associating the main rainfall systems that contribute to the regional seasonality. In so doing, it was done the remote sensing by the MORPHing CPC technique (CMORPH), with a 30 minutes temporal resolution and an 8 km spatial resolution. The outcomes indicate that the high spatial resolution of the CMORPH data evidenced satisfactorily regional seasonality, with high rainfall indexes during the rainy season (Dec - May) in the eastern and southern portions of

the region, and low indexes in the less rainy season (Jun - Nov) in the western and northern portions of the region. Works that aim at interdisciplinarity can contribute effectively to structuring the environmental sciences and to taking decisions.

Keywords: Rainfall; Remote Sensing; Amazon.

INTRODUÇÃO

Em uma região de grandes dimensões territoriais como a Amazônia, o estudo da distribuição temporal e espacial da chuva torna-se um instrumento eficaz para o planejamento de múltiplos setores. A precipitação que ocorre na região Amazônica é consequência da interação de diferentes mecanismos e sistemas atmosféricos, que atuam em diferentes escalas espaciais e temporais. As chuvas amazônicas têm dois períodos distintos, que evidenciam a sazonalidade regional: período chuvoso, que se estende de dezembro a maio e período menos chuvoso, que compreende os meses de junho a novembro (FISCH et al. 1998). Estudos realizados por Amanajás e Braga (2012), evidenciaram três estações da precipitação, analisando a distribuição espacial e temporal na Amazônia oriental.

A estação chuvosa compreende os meses de janeiro a abril. A estação de transição se estende durante os meses de maio a agosto e a estação menos chuvosa compreende os meses de setembro a novembro. A chuva na região amazônica influencia diretamente nos estágios de desenvolvimento das plantas, bem como nos processos de produção vegetal e na organização do espaço (BASTOS et al. 1993). Todavia, o excesso das chuvas, correlacionado aos outros fatores do meio biofísico, podem ocasionar enchentes, escorregamentos de barreiras, alagamentos, e quando são escassas podem resultar em secas, assoreamento dos rios, entre outros, afetando diversos setores socioambientais (SOUZA, 2012).

O estudo da distribuição espacial e temporal da chuva torna-se um desafio devido sua grande variabilidade no tempo e no espaço. No entanto, a interferência desta variável climática nas diversas atividades humanas e na organização social, evidencia a importância do seu monitoramento. Na região amazônica as séries climatológicas de precipitação estão fundamentadas apenas nos dados provenientes das estações meteorológicas de superfície, que estão instaladas próximas a grandes rios e não contabilizam a chuva induzida pela brisa fluvial em direção ao interior do continente (FITZJARRALD et al. 2008; COHEN et al. 2014).

Neste contexto propõem-se a utilização de outras fontes de dados provenientes de técnicas do sensoriamento remoto, que contribuem para agregar novas informações onde há pouca ou nenhuma estação meteorológica, ou ainda, onde a cobertura espacial seja pouco representativa por dados pontuais (SODRÉ et al. 2015). Neste cenário a utilização de dados em grades por meios dos sistemas de informação geográfica pode auxiliar na construção de um perfil mais detalhado a respeito da variação temporal e espacial da chuva em grandes extensões territoriais, como a Amazônia, ou em áreas urbanizadas.

Nas últimas três décadas, a utilização de dados provenientes de sensoriamento remoto tornou-se mais frequente em diversos setores de planejamento, buscando compensar a falta de informação proveniente de dados pontuais de estações de superfície e promovendo dados mais confiáveis para a entrada de modelos meteorológicos, gerando informações em diversas áreas para o planejamento ambiental e social (CONTI, 2002).

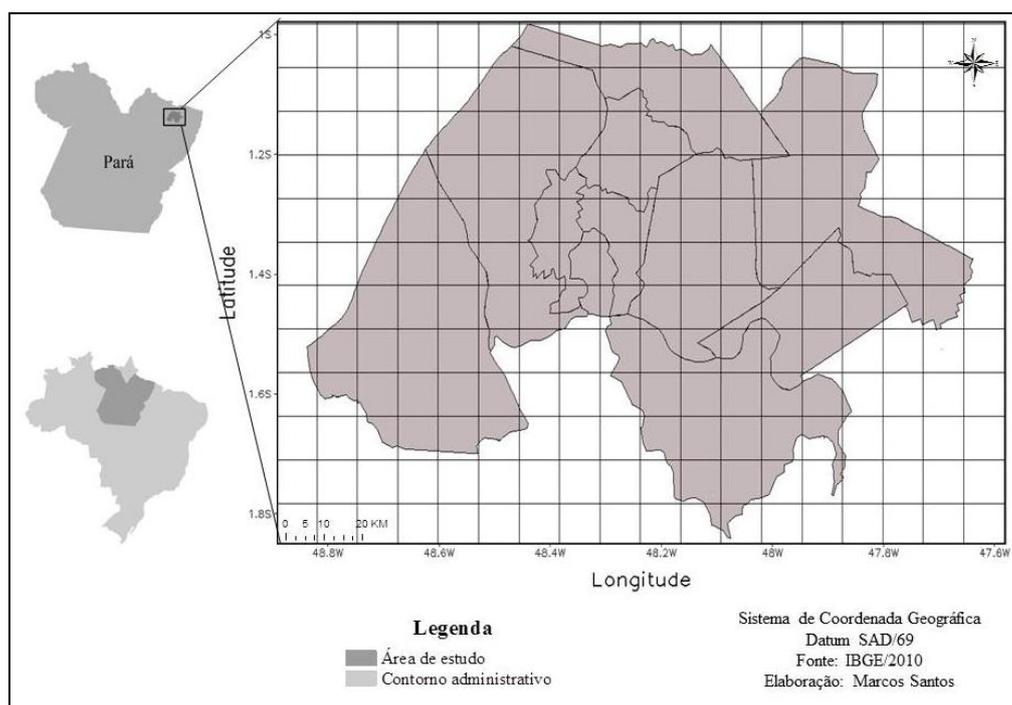
Neste contexto o presente estudo visa analisar a distribuição espacial e temporal da precipitação na mesorregião metropolitana de Belém, num período de onze anos, utilizando uma técnica do sensoriamento remoto, inferindo a partir das estações de chuva descrita por Amanajás e Braga (2012), a sazonalidade regional. Nisto a pesquisa investigou o acumulado mensal para os doze meses do ano, a partir de dados CMORPH, buscando associar o índice pluviométrico com os principais sistemas precipitantes que atuam na região.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A mesorregião metropolitana de Belém está localizada no nordeste do estado do Pará, e é formada por onze municípios: Ananindeua, Barcarena, Belém, Benevides, Bujaru, Castanhal, Inhangapi, Marituba, Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará e Santo Antônio do Tauá. (Figura 1). Esta mesorregião apresenta o maior adensamento populacional e urbano da Amazônia oriental, com uma população de 2.554.874 habitantes e uma densidade demográfica de 370,7 hab/km². Seu espaço geográfico compreende aproximadamente de 0,6% do território do estado do Pará em contrapartida detém 34% de população total do estado (CASTRO, 2003; BRASIL, 2016).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo e grade espacial dos dados da área de estudo



Fonte: Do autor

COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

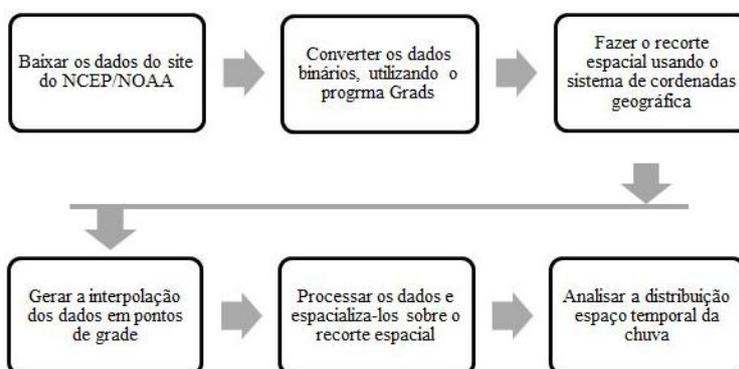
A metodologia empregada nesta pesquisa fundamenta-se na aplicação do Center Morphing Method (CMORPH), que se baseia em uma técnica do sensoriamento remoto, fundamentado na estimativa de chuva global, seus dados são provenientes de sensores de microondas de satélites geoestacionários em órbita polar, que se propagam no tempo e no espaço por meio de sensores infravermelhos (JOYCE et al. 2004; RINGARD et al. 2015). Este método foi selecionado por ser baseado em sensores de microondas de diversos satélites polares, permitindo alta flexibilidade e robustez dos dados, ser um produto bastante utilizado internacionalmente, ter dados contínuos no tempo e espaço para a área da pesquisa e está disponível de forma gratuita, atualizada e em diferentes escalas de tempo e espaço (ARAÚJO e GUETTER, 2007).

O CMORPH é um produto de sistema de informação geográfica, gerado a partir de dados observados in locu nas nuvens por intermédio dos satélites, que processam os dados por meio da estimativa de algoritmos, constituindo-se como excelente produto para a verificação de média das chuvas (JOYCE et al. 2004, BUARQUE et al. 2011), atualmente este produto vem sendo bastante utilizado para a obtenção de dados de precipitação, onde há pouca, ou nenhuma informação de estações meteorológicas, como é o caso da Amazônia pela vasta extensão territorial (PEREIRA FILHO et al 2010; DOS SANTOS et al 2014) . Seus dados já foram validados internacionalmente e comparados no Brasil em diferentes regiões com dados de superfície, verificando sua alta eficiência e acurácia (KOUSKY et al. 2006; SODRÉ e RODRIGUÊS, 2012, HAILE et al. 2015).

Os dados utilizados nesta pesquisa foram coletados de acordo com as características disponíveis pelo CMORPH, utilizando dados diários de precipitação (mm) de 30 minutos e a cada 08 quilômetros, para o período de janeiro de 2000 à dezembro de 2010, distribuídos em pontos de grade para mesorregião metropolitana, com pares de coordenadas nas extremidades em (- 48.7 W; -1 S) e (- 47,6 W; - 1.8S). Os dados estão disponíveis de forma gratuita no site da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e seguem a metodologia descrita por Joyce et al. (2004), onde as estimativas que originam a técnica são oriundas da derivação de microondas geradas a partir dos algoritmos de Ferraro (1997) para o sensor SSM/I, Ferraro et al. (2000) para o sensor AMSU-B, e Kummerow et al. (2001) para o sensor TMI.

Após obtenção dos dados, trabalhou-se com softwares apropriados para a espacialização dos resultados derivados da técnica CMORPH, no intuito de espacializar o quantitativo da precipitação na área de estudo. Para tal, realizou-se a aplicação dos dados em (mm) de chuva no programa meteorológico Grads (obtido de forma gratuita) para a geração de mapas, com a espacialização da chuva. Para a confecção dos mapas trabalhou-se com a média mensal para os onze anos de estudos, a partir da soma dos dados em grade. Buscou-se relacionar a distribuição espacial da precipitação ao longo da mesorregião com os principais sistemas que atuam na precipitação local. A figura 2 ilustra as etapas metodológicas utilizadas.

Figura 2. Esquema metodológico da pesquisa



Fonte: Do autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

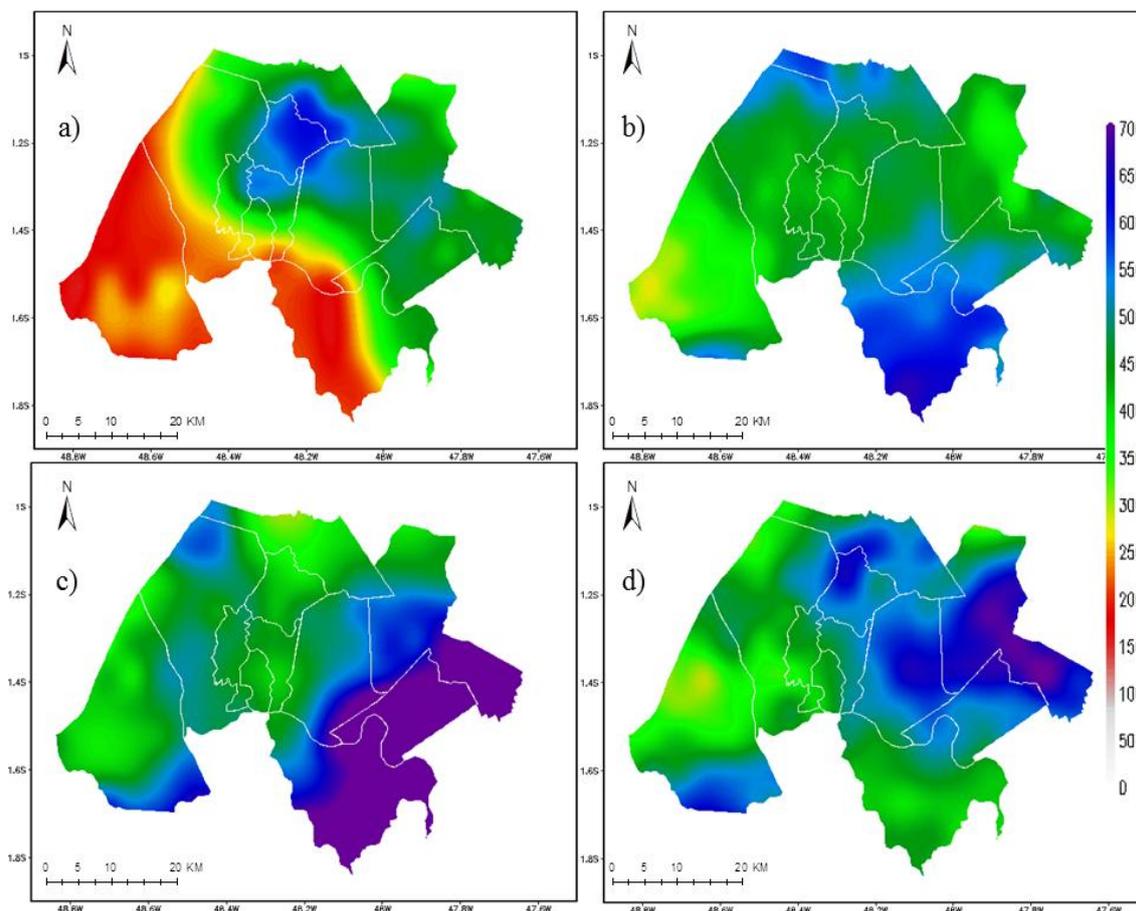
A seguir serão apresentados os valores dos acumulados médios para os onze anos de estudos, delimitados em três estações: estação chuvosa, estação de transição e estação menos chuvosa, conforme os resultados apresentados por Amanajás e Braga (2012), na definição de padrões espaço temporais da precipitação para a Amazônia Oriental. As médias dos acumulados mensais para cada mês mostraram-se correlatas aos valores de precipitação das estações de chuva e da sazonalidade regional.

A estação chuvosa compreende os meses de janeiro, fevereiro, março e abril (Figura 03). As chuvas deste período estão associadas à atuação da Zona de Convergência Intertropical e ao seu deslocamento mais ao sul, durante os meses março e abril, contribuindo para o mês climatológico mais chuvoso da região. Outro fator que influencia a grande disponibilidade de chuva neste período, é o transporte de umidade trazida pelos ventos alísios de nordeste para a região, aliado a aspectos de relevo e a presença dos Vórtices Ciclones em Altos Níveis (VCAN) (FISCH et al. 1998). A atuação dos sistemas convectivos de mesoescala circulares e as linhas de instabilidade também contribuem positivamente para as chuvas da região, favorecendo os máximos para o período chuvoso, conforme corroboram Cohen et al. (1995) e Sodré et al. (2015).

A figura 3a, referente ao mês de janeiro, apresenta uma ampla variação espacial do quantitativo de chuva com variações entre 150 mm a 600 mm, seus maiores índices se concentram na porção norte e leste da região com acumulados de 400 a 600 mm, este mês caracteriza o início do período chuvoso. A figura 3b evidencia a distribuição espacial da chuva no mês de fevereiro, com acumulados de 300 mm na porção central e 650 mm na porção sul da mesorregião.

Na figura 3c visualizam-se os acumulados de precipitação para o mês de março, considerado climatologicamente o mais chuvoso, pois se inicia a atuação da ZCIT, com acumulados entre de 500 mm e 700 mm para toda a região. A figura 3d apresenta acumulados superiores a 600 mm na porção leste da mesorregião, durante este mês ocorre a intensificação da presença de brisas costeiras que adentram o continente até 170 km da costa, provocando 45% das chuvas no leste paraense (COHEN et al. 1989).

Figura 3. Mapas de distribuição espacial da chuva na estação chuvosa, (a) acumulados médios de janeiro, (b) acumulados médios de fevereiro, (c) acumulados médios de março e (d) acumulados médios de abril



Fonte: Do autor

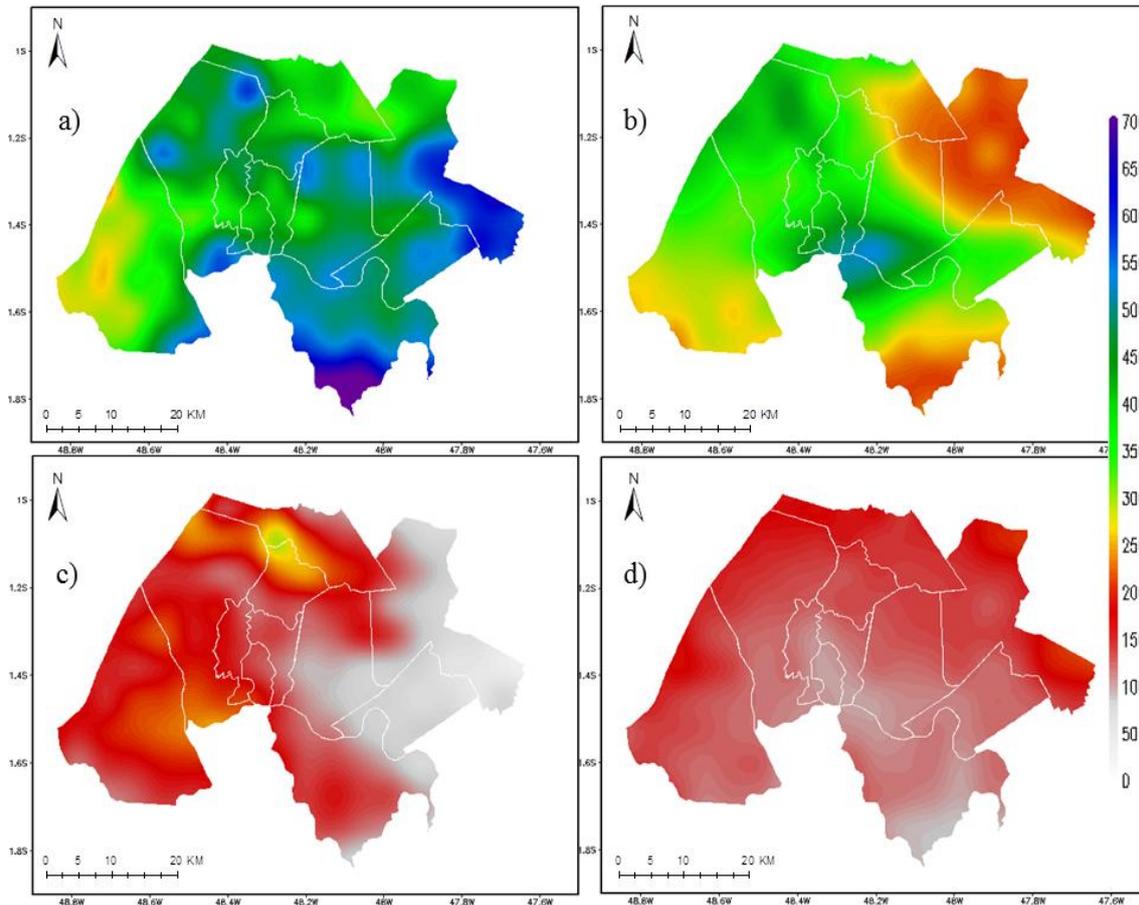
A estação de transição apresentada por Amanajás e Braga (2012), é referente os meses de maio, junho, julho e agosto, conforme ilustra a Figura 4. Os meses de maio e junho apresentam índices pluviométricos entre 300 mm e 600 mm caracterizando o fim do período mais chuvoso na Amazônia, e os meses de julho e agosto apresentam acumulados de 0 mm a 250 mm apresentando o início do período menos chuvoso na Amazônia. Esse período mostra um importante contraste na região, pois são os quatro meses que apresentam grandes heterogeneidades no quantitativo e distribuição da chuva, tendo acumulados superiores a 600 mm e inferiores a 100 mm em um curto período de tempo.

A figura 4a elucida o comportamento espacial da chuva durante o mês de maio, neste mês os valores próximos a 400 mm podem ser resultados do fim da atuação da ZCIT na região amazônica. A figura 4b apresenta o mês de junho, exibindo índices pluviométricos medianos se comparados na régua de escala e a valores dos períodos chuvoso e menos chuvoso (250 mm a 450 mm). As chuvas neste mês podem está relacionadas com a ação dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL).

Na figura 4c visualizam-se os acumulados de chuva para o mês de julho, iniciando o período menos chuvoso na região amazônica. Os acumulados variam entre 0 e 250 mm, com uma concentração abaixo de 50 mm na porção leste da mesorregião, eventos que influenciam as poucas chuvas neste

períodos estão relacionados a processos físicos da camada superficial da terra e aos sistemas de mesoescala, como as linhas de instabilidade. A figura 4d mostra o índice de chuva para o mês de agosto, com acumulados entre 200 mm a 50 mm, com baixos índices pluviométricos em toda porção sul da região estudada.

Figura 4. Mapas de distribuição espacial da chuva na estação de transição, (a) acumulados médios de maio, (b) acumulados médios de junho, (c) acumulados médios de julho e (d) acumulados médios de agosto



Fonte: Do autor

E por fim a estação menos chuvosa é descrita na Figura 5, onde se visualiza o comportamento médio dos acumulados de chuva para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, durante este período há uma redução significativa do quantitativo de chuva na região, influenciada pela ausência de sistemas precipitantes de grande escala, deixando a atmosfera local livre para a entrada dos ventos alísios, que inibem a formação de nuvens para o interior do continente.

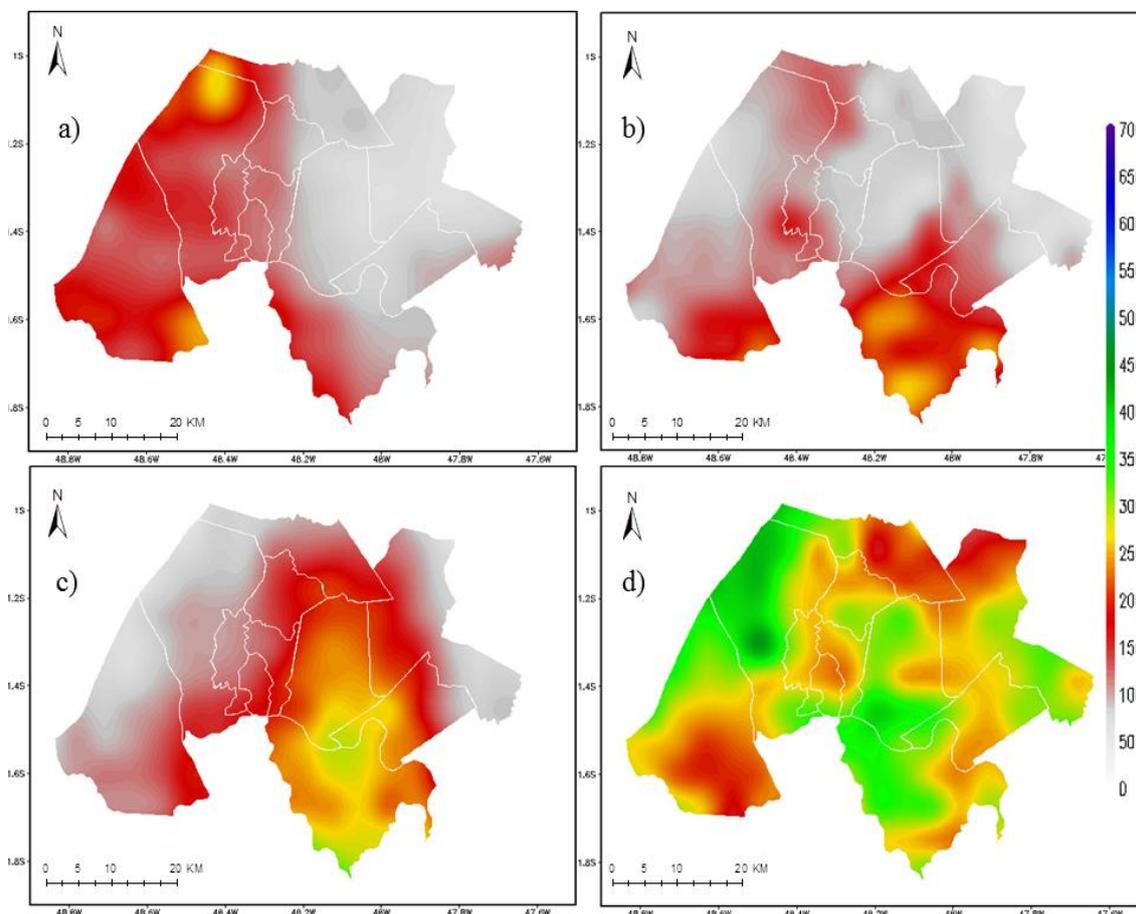
A figura 5a ilustra a chuva no mês de setembro, com acumulados medianos de 150 mm, apresentando baixos índices na porção leste e um pequeno núcleo superior a 250 mm á noroeste da mesorregião. Na figura 5b vislumbra-se uma grande área meridional na mesorregião com acumulados abaixo de 50 mm, caracterizando o mês menos chuvoso da região.

Na figura 5c ilustra a distribuição espacial da precipitação para o mês de novembro, neste mês visualiza-se um quantitativo superior a 250 mm na porção sudeste da área estudada com contribuições inferiores a 50 mm na costa oeste da região. Os meses de setembro, outubro e novembro são os principais meses do período menos chuvoso da região amazônica (FISCH, 1998), nestes meses ocorre poucas chuvas, sendo estas chuvas oriundas principalmente de sistemas locais e diferenças de temperatura da superfície e da grande porção de água que cerca a região.

A figura 5d denota uma mudança na distribuição espacial da chuva na região. Durante o mês de dezembro, é possível observar maiores quantitativos de chuva na região sendo o fim da estação menos chuvosa, mas que para muitos autores este mês, é considerado o início do período chuvoso

na região Amazônia, pois dependendo de alguns fatores que modulam os sistemas de grande escala como a Temperatura Superficial do Mar (TSM) pode provocar precipitações. Visualizam-se acumulados variando entre 250 mm a 450 mm com uma distribuição espacial bem heterogênea para toda a região.

Figura 5. Mapas de distribuição espacial da chuva na estação menos chuvosa, (a) acumulados médios de setembro, (b) acumulados médios de outubro, (c) acumulados médios de novembro e (d) acumulados médios de dezembro



Fonte: Do autor

A técnica CMORPH espacializou as estações de chuva definida por Amanajás e Braga (2012), para a precipitação na mesorregião de Belém, evidenciando também por meio dos acumulados mensais de chuva, os períodos chuvoso (Dezembro a Maio) e menos chuvoso (junho a novembro) conhecidos na região amazônica (MARENGO et al. 2001). A sazonalidade regional é definida principalmente pela atuação e/ou ausência da Zona de Convergência do Intertropical (ZCIT), sistema de escala planetária que atua nos trópicos com forte intensidade nos períodos de março, abril e maio, definindo o período chuvoso na Amazônia (MOLION, 1987). Além da ZCIT, outros sistemas precipitantes como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linhas de Instabilidades (LI's) e aglomerados convectivos podem interagir e provocar grande quantidade de chuva na região (COHEN et al. 1995).

Os resultados da técnica do CMORPH conseguiram uma boa aproximação da precipitação quando observada os valores obtidos pelas estações de superfície, apenas em algumas vezes superestimando os valores reais, mas nestes casos é entendível, pois se trata de um leitor espacial, que não contabiliza o processo de perda de calor da superfície que pode inibir ou evaporar a água. Segundo estudos realizados por Sodré et al. (2013), a cidade de Belém, que está inserida na área de estudo foi a que apresentou melhor aproximação da estimativa da precipitação da técnica CMORPH, com o volume pluviométrico registrado pelas estações convencionais na variação mensal em comparação a outras capitais brasileiras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da técnica do CMORPH, aplicado a distribuição espacial da precipitação na mesorregião metropolitana de Belém, evidenciou de forma satisfatória as estações definidas por Amanajás e Braga (2012), bem como os valores de seus acumulados médios apresentaram de forma espacial e temporal a sazonalidade da região amazônica, com período chuvoso de dezembro a maio e menos chuvoso de junho a novembro. A distribuição dos acumulados é bastante heterogênea em toda a região dependendo do tempo (mês analisado). No entanto estes padrões estão associados aos principais sistemas precipitantes que atuam na região proveniente da interação de diferentes escalas.

Estudos ambientais que visem à integração de diferentes métodos e ferramentas compõe um precioso instrumento para a tomada de decisão da gestão pública na prevenção de acidentes e desastres naturais associados a eventos extremos de chuva. Neste contexto é válido o conhecimento local da chuva, analisado por uma ferramenta de sensoriamento remoto, que contribui significativamente para lugares onde há pouca ou nenhuma informação de dados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pós-graduação e a Universidade Federal do Pará por disponibilizar os laboratórios para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões Espaço-Temporal Pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando Análise Multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n.4, p. 423-434, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000400006>
- ARAUJO, A. N.; GUETTER, A. K. Validação da Chuva Estimada por Satélite "CMORPH" na Modelagem Hidrológica do Alto Iguaçu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.12, n.3, p. 189-198, 2007. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v12n3.p189-198>
- BASTOS, T. X.; SANTOS, A. R. A.; SÁ, T. D. de A.; SANTOS, A. R. dos; OLIVEIRA, R. P.; PACHECO, N. A.; KOBAYASHI, L. T. Flutuação das chuvas no nordeste paraense e sua implicação para o calendário agrícola. In: Anais do 8º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Porto Alegre, p.13. 1993.
- BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Indicadores**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/censopopulacional/conceitos.shtml>>. Acesso em 30 mar. 2016.
- BUARQUE, D. C.; DE PAIVA, R. C. D.; CLARKE, R. T.; MENDES, C. A. B. A comparison of Amazon rainfall characteristics derived from TRMM, CMORPH and the Brazilian national rain gauge network. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, 116(D19), 2011. <https://doi.org/10.1029/2011JD016060>
- CASTRO, E. 2003. Geopolítica da água e novos dilemas a propósito da Amazônia e seus recursos naturais. In: Luis E. A.; Miguel Clüsener-Godt (Orgs.) **Problemática do Uso Local e Global da Água da Amazônia**. Belém: NAEA, p. 300 – 334.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A F.; NOBRE C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 123, n.11, p. 3163-3174, 1995. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1995\)123<3163:ECAWAS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1995)123<3163:ECAWAS>2.0.CO;2)
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidades da Amazônia. **Climanálise**, v.4, n.11, p.34-39, 1989.
- COHEN, J. C. P.; FITZJARRALD, D. R.; D'OLIVEIRA, F. A. F.; SARAIVA, I.; BARBOSA, I. R. S.; GANDU, A. W. et al. Radar -observed spatial and temporal rainfall variability near the Tapajos-Amazon confluence. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, (n. esp.), p.23-30. 2014.

- CONTI, J. B. A. **Geografia Física e as Relações Sociedade/Natureza no Mundo Tropical**. 1, ed, São Paulo: Editora Humanitas, p, 200, 2002
- FERRARO, R.R. Special sensor microwave imager derived global rainfall estimates for climatological applications. **Journal of Geophysical Research**, v.102, p.16715-16735, 1997. <https://doi.org/10.1029/97JD01210>
- FERRARO, R. R.; WENG, F.; GRODY, N. C.; ZHAO, L. Precipitation characteristics over land from the NOAA-15 AMSU sensor. **Geophysical Research Letters**, v. 27, p.2669-2672, 2000. <https://doi.org/10.1029/2000GL011665>
- FITZJARRALD, D. R.; SAKA, I. R. K.; MORAES, O. L. L.; DE OLIVEIRA, R. C.; ACEVEDO, O. C.; MATTHEW, J. et al. Spatial and temporal rainfall variability near the Amazon-Tapajós confluence. **JGR: Biogeosciences**, v.113, n.1, p.1-17. 2008. <https://doi.org/10.1029/2007jg000596>
- FISCH, G.; MARENGO, J. M.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.28, n.2, p.01-126, 1998.
- HAILE, A. T.; YAN, F., HABIB, E. Accuracy of the CMORPH satellite-rainfall product over Lake Tana Basin in Eastern Africa. **Atmospheric Research**, n.163, p.177-187, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.11.011>
- JOYCE, R. J.; J.E. JANOWIAK; P. A.; ARKIN; P. X. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. **Journal of Hydrometeorology**, v, 5, p.487-503, 2004.
- KOUSKY, V. E.; JANOWIAK, J. E.; JOYCE, R. J. The diurnal cycle of precipitation over South America based on CMORPH. In: **Proceeding of 8 ICSHMO**, Foz do Iguaçu: INPE, 2006. p. 1113-1116. Disponível em: http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/adm_conf/2005/10.03.10.43/doc/1113-1116.pdf. Acesso em: 13 jun. 2016.
- KUMMEROW, C. D.; HONG, Y.; OLSON, W. S.; YANG, S.; ADLER, R. F.; MCCOLLUM, J.; FERRARO, R.; PETTY, G.; SHIN, D. B.; WILHEIT, T. T. Evolution of the Goddard profiling algorithm (GPROF) for rainfall estimation from passive microwave sensors. **Journal of Applied Meteorology**, v. 40, p. 1801-1820, 2001. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<1801:TEOTGP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<1801:TEOTGP>2.0.CO;2)
- MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V. E.; FILIZOLA, N. P.; WAINER, L. C. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**. v.14, n.5, p.833-852, 2001. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<0833:OAEOTR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<0833:OAEOTR>2.0.CO;2)
- MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da região amazônica: Mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p.107-117, 1987.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2016. Disponível em: ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/global_CMORPH/30min_8km. Acessado em: 04 jan. 2016.
- SANTOS, M. J.; SILVA DIAS, M. A., FREITAS, E. D. Influence of local circulations on wind, moisture, and precipitation close to Manaus City, Amazon Region, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v.119, n.23, 2014. <https://doi.org/10.1002/2014jd021969>
- PEREIRA FILHO, A. J.; CARBONE, R. E.; JANOWIAK, J. E.; ARKIN; P., JOYCE; R., HALLAK; R., RAMOS, C. G. Satellite rainfall estimates over South America—possible applicability to the water management of large watersheds. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v.46, n.2, p. 344-360. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2009.00406.x>
- RINGARD, J.; BECKER, M.; SEYLER, F., LINGUET, L. Temporal and spatial assessment of four satellite rainfall estimates over French Guiana and North Brazil. **Remote Sensing**, v.7, n.12, p. 16441-16459, 2015. <https://doi.org/10.3390/rs71215831>
- SODRÉ, G. R. C.; RODRIGUES, L. L. M.; Comparação Entre Estimativa da Precipitação Observada Pela Técnica CMORPH e Estações Meteorológicas do INMET em Diferentes Regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, n.02, p. 301 – 307. 2013
- SODRÉ, G. R. C.; VITORINO, M. I.; Cohen, J. C. P.; MORAES, B. C. . Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 45-55, 2015.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.02, p. 250-268, 2012.