

## **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA NOS TRIMESTRES MAIS CRÍTICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE-PE**

*João H. P. de B. Salgueiro<sup>1\*</sup>; Suzana M. G. L. Montenegro<sup>2</sup>; Bernardo Barbosa da Silva<sup>3</sup> & Leidjane Maria Maciel de Oliveira<sup>4</sup>*

**Resumo:** Atualmente, os efeitos produzidos pelas alterações no clima podem fazer com que ocorrências hidrológicas extremas aconteçam com mais frequência e maiores magnitudes, surpreendendo as populações e as administrações públicas dos municípios, com fenômenos naturais considerados de risco. Nesse sentido, torna-se necessário que os gestores planejem ações públicas eficazes, como meta estratégica à eficiência da administração, com vista à solução e/ou mitigação dos problemas urbanos e rurais decorrentes, e seus impactos socioeconômicos e ambientais. Para isso é preciso que pesquisas técnico-científicas sejam previamente desenvolvidas, de modo a auxiliar tais planejamentos, começando pelo conhecimento espaço temporal da precipitação local. Esse artigo tem por objetivo detalhar espacialmente as ocorrências das precipitações médias na Região Metropolitana do Recife – RMR, referentes aos trimestres mais chuvoso e mais seco. Nesse sentido foram elaborados mapas com superfícies interpoladas para serem utilizados como instrumento de análises. Os resultados apontaram, com suficiente precisão, os locais susceptíveis aos desastres naturais proveniente do excesso ou escassez dos recursos hídricos dependentes da precipitação. Espera-se que as informações aqui geradas possam contribuir com as instituições gestoras, de modo a garantir mais segurança e qualidade de vida às populações.

**Palavras-chave:** Precipitação, distribuição espacial, trimestre crítico.

### **SPATIAL DISTRIBUTION OF AVERAGE ACCUMULATED RAINFALL IN THE MOST CRITICAL THREE MONTHS PERIOD IN THE METROPOLITAN AREA RECIFE-PE**

**Abstract.** Currently the effects produced by possible changes in climates may allow hydrological extreme events occur with more frequency and higher magnitude, surprising the people and government of municipalities with natural phenomena considered at risk. Thus, it becomes necessary for managers to plan effective public actions as strategic target efficiency of administration, in order to resolve and / or mitigate the problems arising from urban and rural areas, and their socioeconomic and environmental impacts. This requires that techno-scientific research is previously developed, in order to assist such planning, beginning with the knowledge of local precipitation timeline. This article aims to detail the occurrences of spatially average rainfall in the Metropolitan Region of Recife - RMR for the quarter wettest and driest. Accordingly, maps were prepared with surfaces interpolated to be used as a tool for analysis. The results indicate with accuracy the locations susceptible to natural disasters from excess or scarcity of water resources dependent on rainfall. It is hoped that the information generated can contribute to management institutions, to ensure greater safety and quality of life to people.

**Keywords:** Precipitation, spatial distribution, critical three months

<sup>1\*</sup> Engenheiro Hidrólogo da CPRM / SGB e Doutorando da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: joao.salgueiro@cprm.gov.br

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: suzanam@ufpe.br

<sup>3</sup> Bolsista Pesquisador da FACEPE do Dep. de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: bbdasilva.ufpe@gmail.com

<sup>4</sup> Bolsista de Pós-Doutorado da CAPES/FACEPE/APAC em Engenharia Civil na UFPE, e-mail: leidjaneoliveira@hotmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os efeitos produzidos pelas alterações no clima podem ser que ocorrências hidrológicas extremas aconteçam com mais frequência e maiores magnitudes, surpreendendo as populações e as administrações públicas dos municípios com fenômenos naturais considerados de risco. Nesse sentido, torna-se imprescindível que os gestores desenvolvam ações públicas que se fundamentem em planejamentos a curto, médio ou longo prazo, de conformidade com os impactos socioeconômicos e ambientais que porventura venham causar. Os planejamentos a que se referem, na maioria das vezes, requerem que estudos técnico-científicos nas áreas temáticas afins sejam antecipados, independentemente do grau de complexidade apresentado. O intuito é permitir a solução dos problemas demandados, ou mesmo estimular a mitigação dos seus impactos, e em alguns casos, promover a convivência com os mesmos, quando esses não são completamente solúveis. Para que as instituições competentes possam gerir as suas pastas públicas com suficiente eficiência, necessário se faz que seja conhecido o comportamento pluviométrico dos municípios, principalmente a estimativa da distribuição espaço-temporal e seus padrões frontais e/ou convectivos, através do aproveitamento das séries temporais medidas *in loco*.

Souza e Azevedo (2012), ao investigarem as tendências da precipitação em Recife, observaram que as mesmas não apresentavam tendências significativas de redução. Por outro lado, os autores diagnosticaram aumento na frequência de eventos extremos de chuvas a partir da década de 80, com chuvas diárias superiores a 100 mm. Os autores afirmaram ainda que a variabilidade climática exerce uma influência significativa sobre as atividades humanas, pois pode oscilar quanto à temperatura, precipitação e frequência de eventos extremos como: secas e chuvas intensas, resultando em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde e sobre o meio ambiente. Farias e Nóbrega (2010) apontaram que os eventos extremos, como secas severas ou grandes enchentes, podem causar grandes transtornos à população, seja com inundações nos grandes centros urbanos, como também estiagens prolongadas na zona rural.

Com relação aos problemas urbanos e rurais decorrentes dos extremos climáticos, Pfaltgraff (2007) estudou a Região Metropolitana do Recife – RMR, ressaltando a longa convivência de parte da população com os deslizamentos dos morros onde reside, registrando mortos e feridos. Anjos (1998) estudou os extremos de precipitação na cidade de Recife-PE e afirmou que é raro o ano em que não se verifica desastres de inundações em alguma parte do Brasil, e que as inundações podem ser apenas local, quando associadas a uma tempestade de verão. As inundações mais sérias ocorrem quando chuvas mais fortes e intensas estão associadas a sistemas atmosféricos em escala de tempo maior. Por ocasião de intensas e duradouras precipitações as grandes cidades têm enfrentado vários transtornos, em alguns casos até com perdas de vidas humanas. Se por um lado fortes chuvas causam alagamento de ruas, transtornos no trânsito etc., por outro, a continuidade da chuva alimenta as reservas de água de uma cidade. Sagueiro *et al.* (2008) destacaram a bacia do rio Capibaribe entre as demais de Pernambuco pela necessidade de um controle mais contínuo dos níveis dos seus rios, devido as grandes variações sazonais e suas consequências danosas.

Este artigo pretende apresentar detalhadamente o comportamento espacial e temporal das chuvas precipitadas sobre a RMR e a capital pernambucana nela inserida, acumuladas nos trimestres mais úmido e mais seco do ano hidrológico, a partir das séries pluviométricas medidas no interior e nas periferias da região. As análises provenientes dos mapas elaborados têm como objetivo contribuir com as instituições públicas e privadas, com gestão na área de recursos hídricos, no sentido de facilitar o planejamento de ações públicas pertinentes, de modo que possam ser exequíveis nos momentos e locais adequados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A RMR foi criada pela Lei Federal nº 14/73 de 8 de julho de 1973, para estimular o desenvolvimento dos 14 municípios localizados nos arredores de Recife, capital pernambucana. Situa-se numa faixa de 80 km de comprimento ao longo da costa do Estado de Pernambuco, no extremo Nordeste do Brasil, e ocupa 2,62% da área do Estado (Pfaltgraff, 2007). A Figura 1 apresenta a localização georreferenciada da RMR, no leste pernambucano, e a sua divisão político-administrativa. Os municípios que compõem a região delimitam uma área de 2.768,40 km<sup>2</sup> entre o Litoral e a Zona da Mata. Nessa área reside uma população de 3.743.853 habitantes, estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE para o ano de 2012. Do mesmo modo, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento PNUD, estabeleceu o Índice de Desenvolvimento Humano Médio – IDHM de 0,780 para o ano 2000. O Produto Interno Bruto – PIB e o PIB per capita foram divulgados pelo IBGE para o ano de 2010 aos valores respectivos de R\$ 61.443.178 e R\$ 16.658,36.

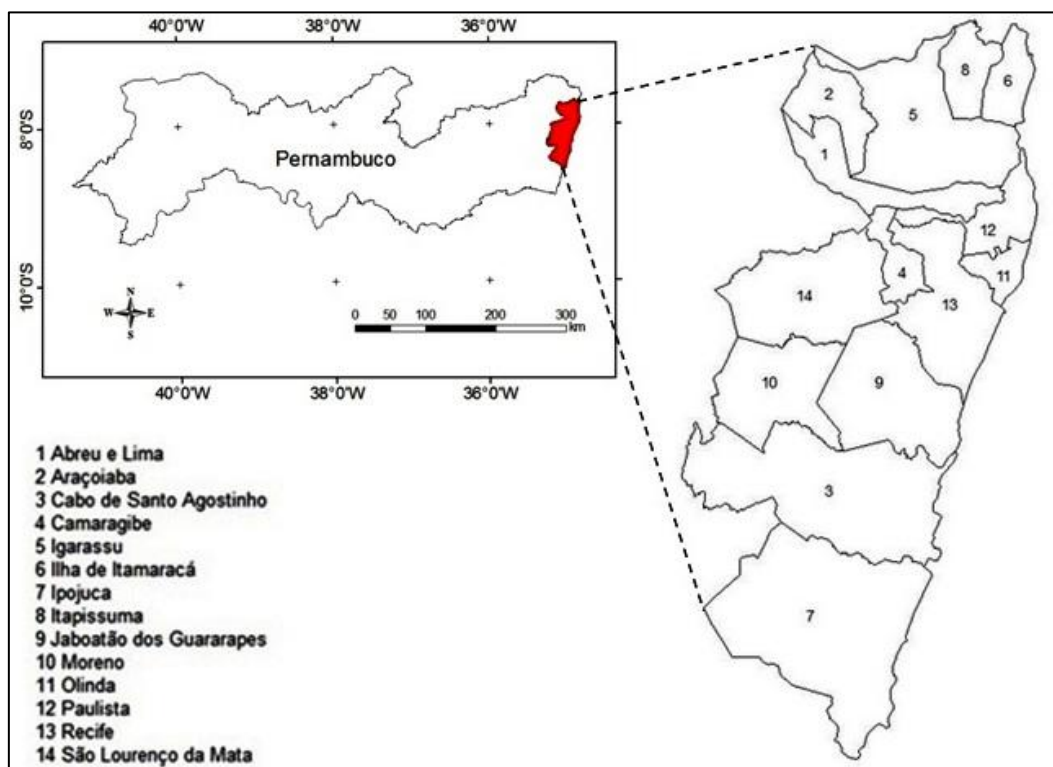


Figura 1. Localização da RMR no estado de Pernambuco e a divisão municipal

Segundo SECTMA (2006), a RMR representa a segunda maior aglomeração urbana do Nordeste e concentra a maior parte da população pernambucana distribuída em três microrregiões denominadas: Itamaracá, situada na parte norte, Suape na parte sul e Recife na área central. Do ponto de vista climatológico existe a predominância dos climas úmido e úmido – subúmido, com precipitações médias anuais que variam entre 1.300 a 2.200 mm de altura de chuva, cujas temperaturas médias anuais oscilam no intervalo e 24 a 26°C. O relevo da RMR é composto por quatro tipos de formações: a planície costeira, a qual margeia o recorte de todo o litoral da região; os tabuleiros costeiros encontrados basicamente ao norte, representando as formações barreiras, com níveis que vão de 30 a 100 m, podendo atingir até 200 m ao oeste; as colinas, ou colinas dissecadas, encontradas na parte oeste, juntas aos morros com elevações de 30 a 300 m, aumentando de leste para oeste; os morros, com domínio no extremo oeste juntamente com serras baixas, com cotas que chegam a 424 m (Pfaltgraff, 2007).

Para constituição das séries de dados pluviométricos foram selecionadas estações pluviométricas pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional e a Rede Pluviométrica do Estado de Pernambuco. A rede nacional é administrada pela Agência Nacional de Águas – ANA e operada pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, ambas contribuindo para a formação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH, instrumento da Lei nº 9.433/97 que instituiu o gerenciamento dos recursos hídricos no país, cujos dados encontram-se disponibilizados on-line na *Hidroweb* em ANA (2013). A rede estadual opera em uma parceria entre a Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC e o Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP. Nesse caso os dados pluviométricos são disponibilizados pela APAC ou ITEP (2013) ou departamentos internos específicos.

Como critério seletivo para escolha das séries foi verificado a continuidade dos períodos de observação hidrológica, definidos para o intervalo de janeiro de 1998 a dezembro de 2007, perfazendo um total de 10 anos. O banco de dados contabilizou um total de 26 estações pluviométricas, espacialmente distribuídas dentro e fora da RMR, conforme a Figura 2.

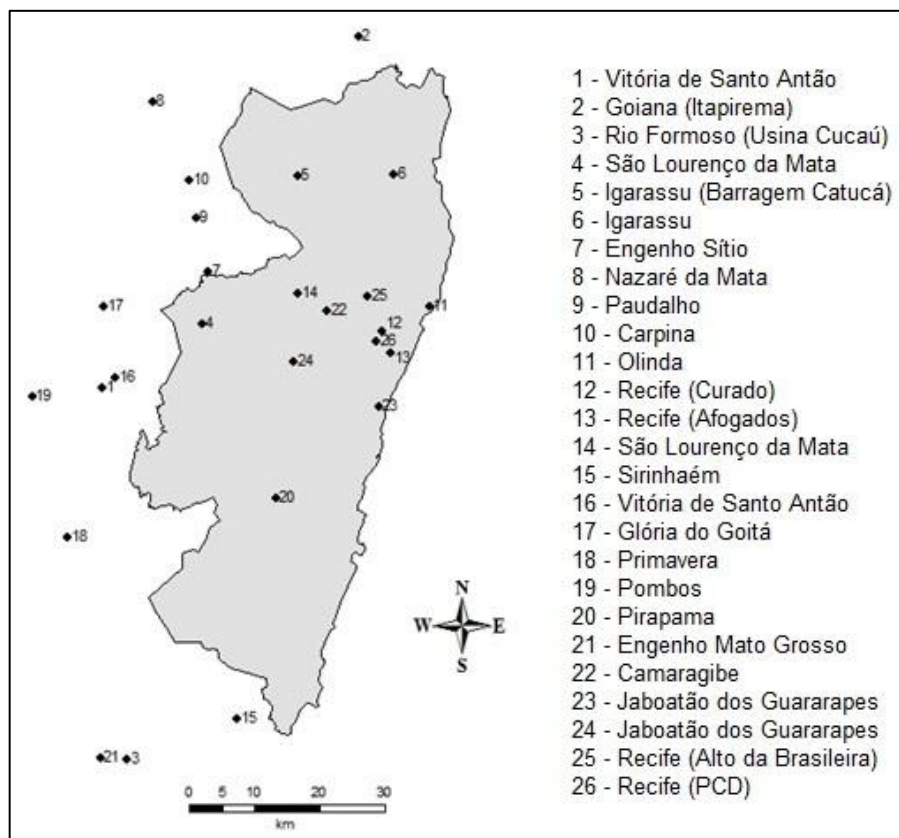


Figura 2. Configuração da rede pluviométrica definida

Como os dados da rede nacional são consistidos pelo *Software Hidroflu*, os dados da rede estadual foram submetidos a uma análise preliminar antes da sua utilização. Para identificação das séries referentes aos trimestres mais úmido e mais seco foi elaborado um hietograma com as precipitações médias mensais para RMR, como mostra a Figura 3. Após a identificação dos meses mais críticos, foram acumulados os três maiores e os três menores valores mensais consecutivos para compor cada série trimestral de interesse, constituindo assim o banco de dados final, utilizado para subsidiar a metodologia adotada.



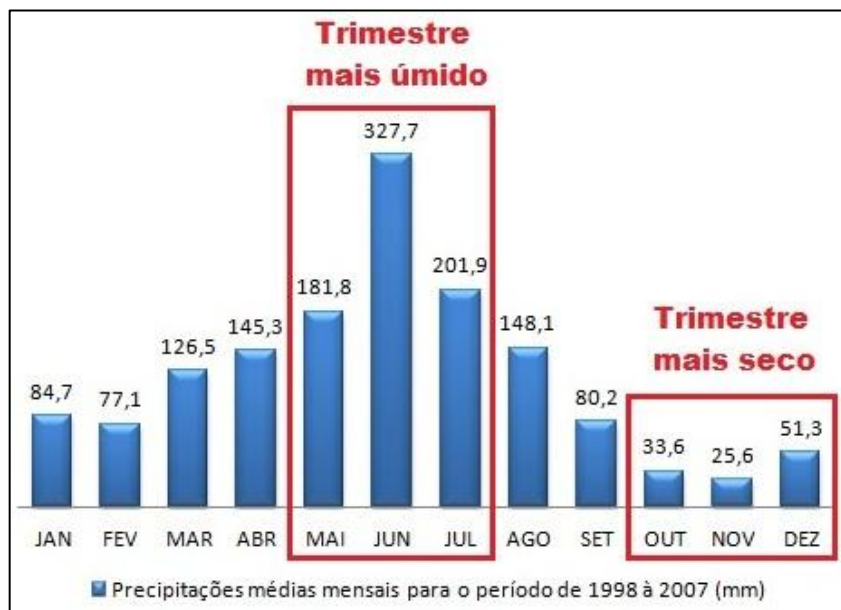


Figura 3. Identificação dos trimestres críticos no ano civil da RMR

Para a análise da distribuição espacial foram elaborados mapas com superfícies interpoladas para os dois trimestres em estudo. O programa computacional utilizado foi o *ArcGis 3.1* e o método de interpolação foi o Inverso do Quadrado da Distância – IQD. Trata-se de um método determinístico de interpolação linear que utiliza a ponderação dos inversos das distâncias a um número específico de pontos amostrados mais próximos de um dado ponto. Para isso, o conhecimento da localização de cada ponto é necessário. As superfícies interpoladas tiveram então suas isolinhas legendadas em escalas de cores, delineadas em 10 intervalos de classe. Esses mapas tornaram-se as principais ferramentas usadas para as análises desejadas. Além dos mapas foram também elaborados gráficos contendo regressões lineares entre os valores medidos e estimados, resultantes das interpolações realizadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Figura 4, na RMR o trimestre mais chuvoso fica mais rigoroso à medida que se aproxima do litoral. Nesse caso, nos meses de maio, junho e julho, os sistemas meteorológicos vindos do leste são mais atuantes e susceptíveis às chuvas intensas, cujos riscos aos desastres naturais tornam-se mais vulneráveis. A maior concentração de precipitação média trimestral acumulada ocorreu na cidade de Recife, com altura de chuva que chegou a 1031,16 mm no período estudado. Em seguida, vêm os municípios vizinhos de Olinda, Paulista, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes, cujas chuvas decresceram até 899,06 mm. É sem dúvida onde se encontram os maiores e mais populosos centros urbanos da RMR. Nesses municípios, frequentemente ocorrem alagamentos e transbordamento de canais fluviais devido à capacidade das redes de drenagens serem superadas pelas tormentas.

Enquanto mais se afasta da planície costeira surgem as primeiras elevações topográficas, urbanamente habitadas e insuficientemente planejadas para garantir a estabilidade das encostas, decorrendo em súbitos deslizamentos de massa. Nesse caso, além dos bairros recifenses de Casa Amarela, Nova Descoberta, Vasco da Gama e outros tradicionalmente conviventes com esse tipo de problema, o mapa apresentou um destaque para o município de Camaragibe, cujas estatísticas vêm registrando agravamentos de sinistros pela Defesa Civil. O lado oeste da RMR apresentou alturas de chuva que chegaram a 348,49 mm devido aos primeiros sinais da zona rural e do clima semiárido.

Os meses mais chuvosos se estabelecem no meio do ano civil. As chuvas intensas são geralmente as grandes responsáveis pelos maiores transtornos. Os prejuízos mais frequentes referem: ao transbordamento da malha hidrográfica formadas por córregos e canais, principalmente quando coincide com marés altas, ao alagamento dos bairros e sistemas viários por conta de insuficiente drenagem, incorrendo na inundação das residências e estabelecimentos públicos, com evidência de congestionamento do sistema de tráfego particular e coletivo, paralisação temporal dos serviços públicos e privados, além de desmoronamento das encostas habitadas, que subitamente resultam em óbitos, além de outros transtornos decorrentes dos excessos chuvosos.

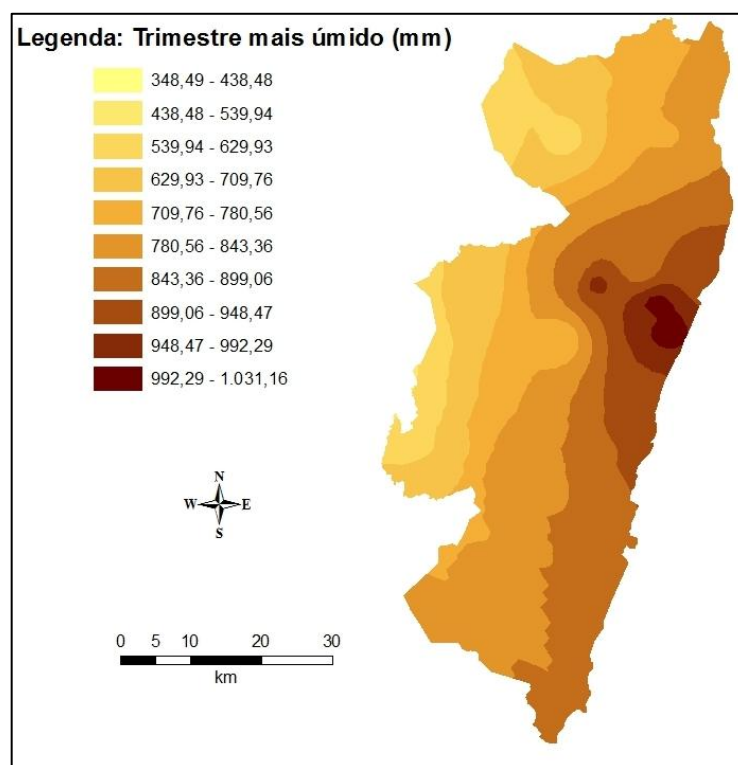


Figura 4. Distribuição espacial das precipitações no trimestre mais úmido

Na Figura 5, os meses de outubro, novembro e dezembro, compõem o trimestre mais seco da RMR. Nessa época, a redução na quantidade das precipitações é a característica principal do período, e é quando a população passa a conviver com outros tipos de problemas. Mesmo assim a cidade de Recife assume a parte menos seca da RMR com altura de chuva trimestral que chegou a 162,23 mm no período estudado, seguido dos municípios adjacentes de Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes, delimitados por isolinhas aproximadas a 131,97 mm. O município de Cabo de Santo Agostinho foi visto como outro foco menos seco, depois de Recife, com precipitações trimestrais que chegaram a 148,48 mm. Nas áreas localizadas no lado oeste, a influência do clima semiárido decresce a precipitação acumulada do trimestre mais seco para 43,23 mm, devido à aproximação com a zona rural.

Os meses de estiagens ou de baixa pluviosidade são ocorrem na maioria das vezes no final do ano civil. Nesses períodos, os reservatórios hidráulicos responsáveis pelo armazenamento do recurso hídrico comumente registram níveis preocupantes. Embora seus volumes não dependam inteiramente das chuvas precipitadas na RMR, o poder evaporativo causado pela falta de umidade depreciam diariamente valores significativos do recurso nos reservatórios. Em anos mais críticos, as

atividades agropecuárias e industriais são afetadas e os produtos gerados passam a ser subtraídos no mercado, impactando negativamente na economia regional, segundo o aumento dos preços e das taxas de desemprego. Além disso, do ponto de vista arquitetônico, as cidades passam a substituir suas áreas verdes pelas paisagens secas, exigindo que regas sejam sistematicamente programadas, principalmente nos parques e praça públicas.

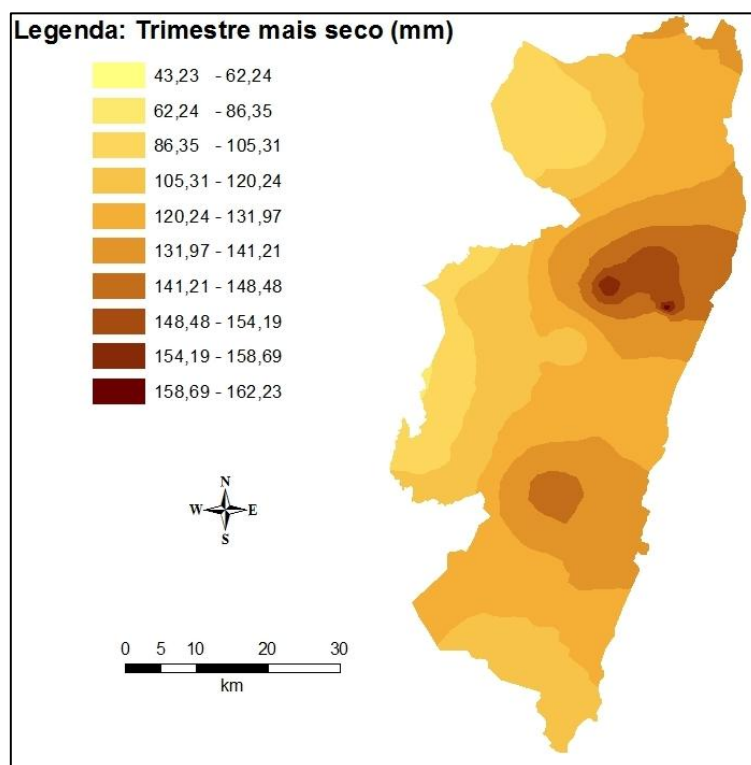


Figura 5. Distribuição espacial das precipitações no trimestre mais seco

#### 4. CONCLUSÕES

- O trimestre mais chuvoso é mais rigoroso próximo ao litoral. Nos meses de maio, junho e julho, os sistemas meteorológicos vindo do leste são mais atuantes e mais susceptíveis às chuvas intensas e conseqüentemente aos desastres naturais.

- Na microrregião de Recife, onde se observam as maiores concentrações urbanas da RMR, o trimestre mais úmido aponta para os maiores riscos iminentes das tormentas.

- No lado oeste da RMR é notável em qualquer época do ano, a influência seca que caracteriza o clima semiárido.

- A microrregião de Recife, além de ser a área mais chuvosa no trimestre mais úmido, aponta para a área menos seca durante o trimestre mais seco.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM, à Universidade Federal de Pernambuco – UFPE; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE; à Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC; e ao Instituto Tecnológico de Pernambuco – ITEP.

## REFERÊNCIAS

- ANA (2013). Agência Nacional de Águas, Brasília – DF. Website portal: <http://www.ana.gov.br>.
- ANDRIOTTI, J. L. S (2005). *Fundamentos de estatística e geoestatística*, Unisinos, São Leopoldo – RS, p17 – 35.
- ANJOS, R. J (1998). Aguaceiro em Recife: uma climatologia de 36 anos, in Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da Flismet, Brasília - DF.
- APAC (2013). Agência Pernambucana de Águas e Clima, Recife – PE. Website portal: <http://www.apac.pe.gov.br/>.
- ATLAS METROPOLITANO (2010). Desenvolvimento Humano na Região Metropolitana do Recife. Prefeitura da Cidade do Recife. CD-ROM, Recife – PE.
- BERTONI, J. C. & TUCCI, C. E. M. (1993). Precipitação in. TUCCI, C. E. M. Org. Hidrologia: Ciência e Aplicação, UFRGS, ABRH, Porto Alegre-RS, Cap 5, p177-200.
- FARIAS, R. F. L. & NÓBREGA, R. S. (2010). Tendência Espacial e Temporal da Precipitação Pluviométrica em Pernambuco. – Mudanças climáticas e Impactos ambientais. Org. Galvêncio, J. D. Ed. Universitária, UFPE, Recife-PE, Capítulo 15, p251-264.
- IBGE (2013). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Website portal: <http://www.ibge.gov.br>.
- ITEP (2013). Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Website portal: <http://www.itep.br>.
- PFALTGRAFF, P. A. S. (2007). Mapa de Suscetibilidade a deslizamento na Região Metropolitana do Recife. Tese de Doutorado, UFPE, Recife – PE, 151p.
- PNUD (2013). Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Website portal: <http://www.pnud.org.br>.
- SALGUEIRO, J. H. P. B., MONTENEGRO, S. M. G. L. SILVA, F. B., FRANÇA, M. S.(2008). Estudo da Distribuição Espacial da Precipitação e seus Tipos de Ocorrências na Bacia do Rio Capibaribe em Pernambuco. In IX Simpósio de recursos Hídricos do Nordeste, ABRH, Salvador - BA.
- SALGUEIRO, J. H. P. B., MONTENEGRO, S. M. G. L. MOURA, G. B. A. & COSTA, F. A. (2010). Análise Espacial das Precipitações Extremas Máximas ocorridas no mês de maior pluviosidade na Região Metropolitana do Recife: uma abordagem sobre as chuvas intensas e os desastres naturais. In IX Simpósio de recursos Hídricos do Nordeste, ABRH, Fortaleza - CE.
- SANTOS, G. G., GRIEBELER, N. P. & OLIVEIRA, L. F. C. (2010). *Chuvas Intensas relacionadas à Erosão Hídrica*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.115-123.
- SECTMA (2006). Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco. Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco. Recife – PE.
- SOUZA, W. M. & AZEVEDO, P. V. (2012) Índice de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. Revista Brasileira de Geografia Física, v.2, p.320-331.
- SRHE-PE (2013). Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos d Pernambuco, Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco - 1998. Recife – PE. Website portal: <http://www.srhe.pe.gov.br>.