Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Eventos extremos e a cidade: estudo de caso dos impactos causados por um evento climático em área urbana

Ayobami Badiru Moreira¹, Pedro Felipe Cavalcanti dos Santos², Deivide Benicio Soares³, Ranyére Silva Nóbrega⁴

¹ Doutoranda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária Recife – PE. ayo.badiru@hotmail.com (autor correspondente). ² Mestrando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. pedro.fcsantos@ufpe.br. ³ Doutor em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. deividebenicio@yahoo.com.br. ⁴ Prof. Dr. do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco. ranyere.nobrega@ufpe.br.

Artigo recebido em 01/04/2017 e aceito em 10/07/2017

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os impactos decorrentes do evento climático ocorrido no dia vinte e nove de janeiro de 2016 na Região Metropolitana do Recife, a partir da compreensão da vulnerabilidade urbana face aos eventos climáticos extremos ou fora dos padrões de normalidade. Para isto, fez-se o uso da análise de dados meteorológicos observados, de índices de instabilidade atmosférica, de imagens de satélite, dos mapas do campo de vento e de consultas às publicações de veículos de comunicação oficiais na internet. O evento climático deste estudo foi resultante da atuação conjunta de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e de um centro convectivo associado à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), suas consequências à RMR foram marcadas por elevado acumulado de precipitação, fortes rajadas de vento e descargas elétricas, que atingiram setores fundamentais à dinâmica da RMR, como as redes de transporte, de abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica, além de provocar acidentes e uma morte. Por fim, destaca-se o papel fundamental do estudo geográfico sobre o entendimento de tais relações entre a sociedade (agente modificador dos processos naturais) e fenômenos naturais decorrentes de suas próprias dinâmicas.

Palavras-chave: eventos climáticos extremos, vórtice ciclônico de altos níveis, vulnerabilidade urbana.

Extreme events and the city: a case study of the impacts caused by a climatic event in an urban area

ABSTRACT

The current study aimed to analyze the impacts caused by a weather event which occurred on January 29th, 2016 in the Metropolitan Region of Recife – MRR, by the understanding of urban vulnerability to extreme weather events or outside the normal standards. For this purpose, there was the use of analysis of observed meteorological data, atmospheric instability index, satellite images, wind field maps and, in addition, consultations of publications of official media outlets on the internet. The weather event of this study was the result of joint action of a Cyclonic Vortex with High Levels (CVHL) and a convective Cloud System associated with the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), its consequences to the RMR was characterized by high amount of precipitation, strong wind gusts and electrical discharges, which reached fundamental sectors to the dynamics of RMR, such as transport networks, water and electricity supply, caused several accidents and a death. Therefore, it is worth noting the fundamental role of geographical study on the understanding of such relations between society (modifier of natural processes) and natural events resulting from its own dynamics.

Keywords: extreme weather events, cyclonic vortex with high levels, urban vulnerability.

Introdução

Os eventos climáticos e os espaços urbanos mantêm uma relação de complexidade, nas áreas densamente urbanizadas os impactos causados por estes eventos são responsáveis por diversas formas de prejuízos socioeconômicos, causados principalmente, pela forma de ocupação do território e pela não consideração dos impactos e

riscos que tal uso ou o próprio local podem gerar a si mesmas (Marandola Jr e Hogan, 2004).

A geografia tem um papel fundamental no entendimento de tais relações entre a sociedade (agente modificador dos processos naturais) e fenômenos naturais decorrentes de suas próprias dinâmicas. Segundo Marandola Jr e Hogan (2004), estas preocupações, no seio da Geografia,

manifestam-se primeiramente entre os geógrafos que têm nos elementos da natureza o seu foco principal de estudo, como os geomorfólogos, climatólogos e biogeógrafos. Por isso, as análises possuem um forte componente físico, apesar de se manter uma perspectiva integrada entre os elementos físicos e sociais, já que a formação do espaço urbano é a grande responsável pela vulnerabilidade de parte da população de uma cidade.

Na formação do espaço urbano, podemos entender a ação dos agentes sociais, que materializam os processos sociais na forma de um ambiente construído, seja a rede urbana, seja o espaço intraurbano (Corrêa, 2013), como “energias” que potencializam a reprodução desse espaço. Por exemplo, no sistema migração rural-urbana, a energia potencial pode ser considerada como os estímulos que atuam sobre os indivíduos do setor rural a fim e movimentá-los (Christofoletti, 1979).

Esses mecanismos alimentadores de processos, principalmente aqueles em que as parcerias público-privadas atuam, os que propõem o espaço como mercadoria, como traz Carlos (2013), destituído de seu valor de uso e, nessa condição, subjugando o uso, que é condição da realização da vida social, às necessidades de reprodução da acumulação como imposição para a reprodução social. Esse tipo de política comercial do espaço torna a cidade desigual em aspectos morfológicos caracterizados pelos poderes econômicos. Nesse sentido, as desigualdades sociais equivalem às desigualdades regionais (Monteiro, 1995), dividindo a cidade em características econômicas e funcionais observadas nas diferentes paisagens.

Para Alvares (2013), a paisagem urbana revela desigualdades que são socioespaciais, porque são fundamentadas num processo contraditório de produção social do espaço, no qual a valorização/circulação de capitais de diferentes níveis (locais, regionais e globais) pressupõe a produção da cidade (da metrópole, do urbano) como condição e meio de sua própria realização, o que implica a adoção de estratégias e alianças (no plano econômico e político) que buscam viabilizar seus objetivos, qual seja, a reprodução ampliada.

No contexto do sistema urbano, o aumento da população promove a modernização dos seus serviços que, por sua vez, é estímulo atrativo para a migração. O intensificar da migração promove o aumento da população (Christofoletti, 1979) gerando um mecanismo de retroalimentação (*feedback*). A cidade, ou o que dela resta, ou o que ela se torna, serve mais do que nunca à formação

de capital, isto é, à formação, à realização, a distribuição da mais-valia (Lefebvre, 1999).

Desta forma, a cidade não traz, em sua lógica, o bem-estar ambiental comum, o bem-estar e a qualidade de vida são vendidos no mercado urbano, e a produção desse espaço é responsável pela criação de uma morfologia como forma/estrutura/função, produto direto das relações de produção, mas também de propriedade desse espaço (Carlos, 2013).

Seguindo essa lógica, a gestão urbana se mostra pouco eficiente no tratamento de questões voltadas à prevenção de riscos em eventos extremos, esses que rompem um ciclo comum, pois as infraestruturas que vêm sendo desenvolvida nas cidades têm o direcionamento de setores específicos, e não abarcam o espaço urbano como um todo. Este é o caso das grandes Regiões Metropolitanas brasileiras.

A noção básica de que eventos naturais somente se convertem em desastres quando seres humanos vivem nas áreas onde estes eventos ocorrem (Moura e Silva, 2008) é observada neste estudo. A configuração climática da Região Metropolitana do Recife (RMR) sucede com frequência eventos climáticos extremos, porém, as vulnerabilidades da mesma às mudanças climáticas são notáveis, sobretudo pelo seu histórico de alagamentos sofridos mesmo em situações climáticas coerentes com a média histórica.

A Região Metropolitana do Recife (RMR) apresenta temperaturas médias mensais em torno de 25°C, amplitude térmica anual inferior a 5°C, e umidade relativa do ar com valores médios anuais de 84%, a nebulosidade, típica dos trópicos úmidos, contribui para a radiação difusa. O índice pluviométrico anual médio encontra-se acima de 1.600 mm, com chuvas de outono-inverno, sem inverno térmico em que as temperaturas médias mensais são bem superiores a 18°C. (Nóbrega, Santos e Moreira, 2016).

A precipitação é a variável meteorológica mais importante nos trópicos (MOLION & BERNARDO, 2002) e os mecanismos de grande e meso escalas são responsáveis pela maior parte da precipitação observada na RMR, e também às ocorrências dos desastres naturais. Dentre esses eventos climáticos, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), são referidos neste artigo, ambos relacionados com a maior parte das chuvas que ocorrem dentre os meses de dezembro e abril na RMR.

O VCAN consiste em um sistema de baixa pressão em grande escala que se forma na alta troposfera e cuja circulação ciclônica fechada possui o centro mais frio que sua periferia (Gan,

1983), quando sua periferia, carregada de nebulosidade, alcança o continente, é responsável por fortes precipitações. A ZCIT é um fenômeno de grande escala, resultante da interação entre o gradiente de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico e a formação de nebulosidades provenientes da liberação do calor latente da parcela mais aquecida do oceano, alcança a sua posição mais ao sul, com intensas precipitações, durante os meses de dezembro e abril (MOLION & BERNARDO, 2002).

Em diversos momentos na história da RMR foram registradas situações de vulnerabilidade climática e algumas medidas tomadas pelo governo a fim de fomentá-las. Como as grandes enchentes que ocorriam na Bacia do Rio Capibaribe no início e meio do século XX, essas reduzidas com os programas de construção de barragens. As enchentes atingiam, principalmente, as populações que residiam nas várzeas e pequenas ilhas da região. Os chamados mocambos foram aos poucos substituídos, e a população de baixa renda migrou para a faixa oeste da Região da RMR, ocupando assim as áreas de morros. (Melo, 1961)

Explica Bitoun (2004), que o poder público escolheu, nas décadas de 30 e 40, uma estratégia de remoção nos alagados, deixando a cargo da iniciativa pessoal a ocupação dos morros e que somente na década de 60, ou seja, com um atraso de vinte anos, houve alguma presença pública por meio da implantação de escolas e postos de saúde. É a partir da década de 80 que parte dos recursos públicos foi destinada a infraestruturas no habitat dos morros (rede viária, contenção de encostas, abastecimento d'água) e à urbanização de comunidades de baixa renda na planície.

A partir da ocupação iniciada nos anos 30, o processo de ocorrências de deslizamentos de taludes, associados a fortes chuvas e a ocupação de forma desordenada do solo foi intensificado. Esses eventos causaram diversas mortes e prejuízos econômicos, forçando as prefeituras à iniciarem diversos programas de gestão dessas áreas.

Além das inundações, são percebidos outros impactos da vulnerabilidade climática também dificultam a dinâmica urbana na RMR, por exemplo: queda de árvores e de postes. Esses tipos de impactos, que causam prejuízos e mortes por choques elétricos, acidentes no trânsito, queda no fornecimento de energia, entre outros, também necessitam de estudos e de um planejamento capaz de mitigar os impactos causados.

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo analisar os impactos decorrentes do evento climático ocorrido no dia vinte e nove de janeiro de 2016 na RMR, a partir da compreensão da vulnerabilidade urbana em face aos eventos

climáticos extremos ou fora dos padrões de normalidade.

O mês de janeiro de 2016 foi caracterizado por chuvas acima da média histórica em todas as mesorregiões do estado de Pernambuco, na Região Metropolitana do Recife (RMR) choveu 136,10mm, representando um desvio de 37,8% da média histórica de 1.006mm (APAC, 2016). Apesar da irregularidade no regime pluviométrico ser uma característica de toda a região nordeste, há registros recentes de variabilidades climáticas acentuadas na sua porção litorânea as quais, em conjunto com a deficiente infraestrutura urbana, são responsáveis por gerar danos à população.

O evento climático explanado no presente trabalho é um exemplo, consequente da atuação conjunta de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e de um centro convectivo associado à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), foi marcado por precipitação, fortes rajadas de vento e descargas elétricas, que atingiu setores fundamentais à dinâmica da RMR, como as redes de transporte, de abastecimento de água e fornecimento de energia elétrica, além de provocar acidentes e uma morte.

A análise do evento do dia 29 de janeiro de 2016 na RMR foi possível através da análise de dados de radiossondagem disponibilizados pelo Department of Atmospheric Sciences da University of Wyoming, imagens de satélite disponibilizadas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (CPTEC/INPE), dados meteorológicos observados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e dos mapas interativos de campo de vento disponíveis pelo earth.nullschool.net, além de consultas à publicações em veículos de comunicação oficiais na internet.

Cálculos estatísticos e análise rítmica para janeiro de 2016

O método estatístico empregado para análise da climatologia do mês de janeiro na região de estudo foi a técnica dos quantis. A equação do quantil para a climatologia é definida por:

$$\text{Prob}(X < Q_p) = P$$

Onde as seguintes incógnitas representaram: **P** o valor da probabilidade, **X** os valores de precipitação disponibilizados pelo INMET entre os anos de 1986 e 2016 e **Q_p** o quantil de interesse.

As ordens quantílicas calculadas para eventos extremos estão apresentadas pelo Quadro 1 e seguem as mesmas propostas por Nóbrega e

Farias (2016). Os valores calculados para cada intervalo, a partir de dados do INMET entre os anos de 1986 e 2016, também estão no Quadro 1.

Foram coletados valores de precipitação para três estações distintas localizadas na área de estudo: A estação 82900 do INMET localizada no bairro da Várzea, a estação 256 e a estação 30, ambas da APAC localizadas no bairro do Alto da

Brasileira e no bairro da Várzea respectivamente. A Tabela 1 mostra os valores de precipitação registrados pelas estações.

Percebe-se valores distintos coletados pelas estações, dentre eles, o da Estação 82900 está classificado como “chuvoso”, o da Estação 256 como “extremamente chuvoso” e o da Estação 30 como “muito chuvoso”.

Quadro 1. Ordens quantílicas de precipitação e seus respectivos valores calculados para a RMR no mês de janeiro

Intervalos	Classificação	Valor calculado
$X \leq Q_{05}$	<u>Extremamente seco</u>	$X \leq 0$
$Q_{05} < X \leq Q_{15}$	Muito seco	$0 < X \leq 0$
$Q_{15} < X \leq Q_{35}$	Seco	$0 < X \leq 0$
$Q_{35} < X \leq Q_{65}$	Normal	$0 < X \leq 1,0$
$Q_{65} < X \leq Q_{85}$	Chuvoso	$1,0 < X \leq 5,9$
$Q_{85} < X \leq Q_{95}$	Muito chuvoso	$5,9 < X \leq 16,8$
$X \geq Q_{95}$	<u>Extremamente chuvoso</u>	$X \geq 16,8$

Tabela 1. Dados de precipitação acumulada registrados por diferentes estações na RMR

INMET (82900)	APAC (256)	APAC (30)
4,8	32,8	14,7

A disposição sistemática dos dados meteorológicos disponibilizados pelo INMET, para a RMR e durante todo o mês de janeiro, em planilha eletrônica, assim como a análise dos demais dados já mencionados anteriormente viabilizaram a análise rítmica do evento climático de estudo, posto que um dos principais desafios para este tipo de análise, e para a climatologia geográfica, é incorporar o raciocínio integrado com as atuais tecnologias existentes para que, a partir de uma base de dados meteorológicos confiáveis e abrangentes, seja possível realizar análises climáticas coerentes e que representem avanços significativos nos estudos climatológicos (Ogawashara, 2012).

Para isso, utilizou-se do exposto por Borsato (2006), o qual define a análise rítmica como a interpretação da sequência sobreposta dos elementos fundamentais do tempo, sendo os dados

provenientes das estações climatológicas plotados em gráficos com representação contínua e simultânea (Figura 1).

Dentre estas variáveis meteorológicas, a velocidade do vento foi a que apresentou o maior desvio (positivo) para o período de estudo, no gráfico apresentado o seu valor médio para este dia foi de 2,0 m/s, sendo o maior valor registrado individualmente (sem passar por cálculo de média) para as rajadas de vento de 13,2 m/s, ou seja, 47,52Km/h. A direção média do vento foi de 163,3° o que corresponde à predominância do quadrante SE; a precipitação acumulada para este dia foi de 4,80mm, bem inferior ao acumulado para o dia 24-01-16 de 32,4mm, o maior registro de precipitação diária acumulada para o mês em destaque. As médias de umidade relativa foram de 67,26%; de pressão atmosférica foi de 1.013hPa e de temperatura foi de 26,8°.

Figura 1. Exposição dos dados meteorológicos obtidos para todo o mês de janeiro, em destaque sob a marcação tracejada está o recorte temporal do corrente estudo. As variáveis meteorológicas abordadas no Quadro 1 foram: pressão atmosférica (hPa), temperatura da superfície (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm), direção do vento (°) e velocidade do vento (m/s).

A instabilidade da atmosfera

A análise dos dados de radiossondagem favoreceu a compreensão do perfil vertical da atmosfera no dia do evento climático e a sua propensão à instabilidade. Estes dados foram referentes à estação 82900 para o instante 12Z e foram, especificamente, uma tabela numérica dos valores observados, um diagrama *skew-t*, exposto pela Figura 2, e uma lista de índices de instabilidade calculados.

A curva preta espessa à direita, apresentada no diagrama *skew-t* da Figura 2, representa a temperatura do ambiente e à esquerda a curva que

representa a temperatura do ponto de orvalho, ambas plotadas ao longo do perfil vertical da atmosfera.

Embora os índices de instabilidade sejam concebidos para regiões de latitudes médias, são utilizados e estudados no Brasil (Andrade e Escobar, 2010). Segundo Doswel e Shultz (2006), os índices podem ser úteis como variáveis diagnósticas na avaliação quantitativa do estado da estabilidade atmosférica para um intervalo de tempo próximo ao horário em que as variáveis independentes, que dão origem aos índices, são medidas.

Figura 2. Representação do perfil vertical da atmosfera através do diagrama *skew-T*. A curva espessa à direita (esquerda) é referente à temperatura do ambiente (temperatura do ponto de orvalho) para o dia 29/01/2016 às 12Z. Modificado de: <http://www.weather.uwyo.edu>.

Os índices de instabilidade calculados a partir dos dados de radiossondagem, cujas formulações estão listadas abaixo (Tabela 2), foram Energia Potencial Convectiva Disponível (CAPE), Convecção Inibida (CINE), Índice de Instabilidade por Levantamento (ILEV), Índice

Showalter (IS), K e Índice Total Totals (ITT) e a classificação dos seus respectivos valores estão expostos na Tabela 3.

Tabela 2. Índices de instabilidade*

Índice	Equação	Unidade
CAPE	$= g \int_{NCE}^{NEL} \frac{\theta_v(z) - \overline{\theta_v}(z)}{\overline{\theta_v}(z)} dz$	[Jkg ⁻¹]
CINE	$= g \int_{SUP}^{NCE} \frac{\theta_v(z) - \overline{\theta_v}(z)}{\overline{\theta_v}(z)} dz$	[Jkg ⁻¹]
ILEV	= T ₅₀₀ - Tp ₅₀₀	[°C]
IS	= T ₅₀₀ - Tp ₈₅₀₋₅₀₀	[°C]
K	= T ₈₅₀ - T ₅₀₀ + Td ₈₅₀ - Dep ₇₀₀	[°C]
ITT	= T ₈₅₀ + Td ₈₅₀ - 2 T ₅₀₀	[°C]

* NEL = Nível de Equilíbrio; NCE = Nível de Convecção Espontânea; SUP = Nível da superfície; θ_v = Temperatura potencial virtual de uma parcela de ar; $\overline{\theta_v}$ = Temperatura potencial virtual do ambiente; T₅₀₀ = Temperatura do ar em 500hPa; T₈₅₀ = Temperatura do ar em 850hPa; Td₈₅₀ = Temperatura do ponto de orvalho em 850hPa; Tp₅₀₀ = Temperatura de uma parcela de ar em 500hPa após ascender; Tp₈₅₀₋₅₀₀ = Temperatura de uma parcela de ar em 500hPa após ascender DE 850hPa; Dep₇₀₀ = Nível de secura atmosférica em 700hPa.

Tabela 3. Descrição dos índices de instabilidade calculados e suas respectivas classificações

Índice	Valor calculado	Classificação
CAPE	1.431	Instabilidade moderada
CINE	-9,38	Muito instável
ILEV	-8,25	Muito instável
IS	-5,49	Instável (probabilidade de tempestades).
K	23,30	Probabilidade de tempestades.
ITT	55,40	Tempestades dispersas a numerosas.

A presença de sistemas sinóticos

A partir da análise das imagens de satélite e de dados de reanálise foi possível identificar a presença conjunta de um VCAN observado no nível de 250hPa e de uma parcela de nebulosidade associada à ZCIT observada no nível de 700hPa, ambos os eventos estão dentre os principais

atuantes no Nordeste do Brasil (NEB) (Molion e Bernardo, 2002) e serão apresentados a seguir.

O VCAN consiste em um sistema de baixa pressão em grande escala que se forma na alta troposfera e cuja circulação ciclônica fechada possui o centro mais frio que sua periferia (Gan, 1983). A maior frequência do VCAN no NEB é entre os meses de novembro e março, os eventos pluviométricos associados costumam ocorrer nas

regiões periféricas do vórtice, onde há incidência do ar quente e úmido proveniente do oceano, sendo mais intensa no sentido do deslocamento do vórtice. Em contrapartida, em sua parte central ocorre subsidência de ar seco, mais frio, que inibe a formação de nuvens. A Figura 3 ilustra a configuração clássica de um VCAN.

O VCAN associado ao evento deste estudo apresentou uma configuração do “Tipo Y”, na qual o vórtice ciclônico interage com a convecção da Alta da Bolívia (AB) e a nebulosidade dos sistemas frontais (Cavalcanti et al., 2009), esta configuração está ilustrada pela Figura 4, a qual apresenta o mapa de campo de vento a 250hPa sobre a América do Sul no recorte temporal de estudo, com destaque à presença da Alta da Bolívia (AB) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A ZCIT também é um sistema climático atuante no NEB, no recorte temporal do estudo

agiu em conjunto com o VCAN formando o evento climático de estudo. Este sistema é essencial para a qualidade da estação chuvosa no NEB e está em função da variabilidade meridional e sazonal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Equatorial. Esta variação é ilustrada pelo fenômeno climático de “dipolo” do Atlântico Tropical.

Este fenômeno é resultante da interação entre o gradiente de TSM no Atlântico e a formação de nebulosidade provenientes da liberação do calor latente da parcela mais aquecida do oceano. A Figura 5 apresenta uma composição colorida dos sensores GOES-13 e MSG com destaque à faixa de nebulosidade da ZCIT para o dia período de estudo.

Figura 3. Composição colorida do sensor GOES-13 sobre a América do Sul na data 01-01-14 destacando a presença de um VCAN sobre a Região Nordeste ilustrado pela área tracejada em laranja. Fonte: <http://satellite.cptec.inpe.br/>.

Figura 4. Campo de vento em 250hpa adaptado ilustrando a configuração do “Tipo Y” do VCAN deste estudo, apresentando a Alta da Bolívia (AB) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Fonte: earth.nullschool.net.

Figura 5. Composição colorida dos sensores GOES-13 e MSG apresentando a nebulosidade associada à ZCIT no dia 29/01/16. Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/>.

A associação do VCAN à nebulosidade proveniente da ZCIT favoreceu a presença de centros convectivos na região central do VCAN. A Figura 6 apresenta esta associação, através de uma composição colorida do sensor GOES-13 sobre a América do Sul no dia 29-01-16, na qual se percebe

a nebulosidade associada à interação entre o VCAN e a ZCIT sobre o NEB. Percebe-se a delimitação da parcela periférica do VCAN pela nebulosidade demarcada em laranja e o seu centro demarcado em azul.

Percebe-se nesta parte central do VCAN, sobre o leste dos estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas, a presença de um núcleo convectivo associado à ZCIT, divergindo este evento da configuração clássica do VCAN apresentado pela Figura 3.

A presença deste núcleo convectivo favoreceu a ocorrência do fenômeno de microexplosão atmosférica (ou *microburst*), evento ainda pouco explorado no Brasil (Lima, 2015), é decorrente do cisalhamento vertical do vento e responsável pela ocorrência de precipitação, rajadas de vento e

intensas descargas elétricas registradas. Em geral, uma microexplosão ocorre abaixo de nuvens do tipo cumulonimbus (cb), as quais são nuvens de desenvolvimento vertical de massa muito intenso e que frequentemente apresentam atividades elétricas (Pascual, 1995). É caracterizada como uma coluna de ar descendente de vento de alta intensidade e sobre uma pequena extensão que, ao atingir o solo, se espalha com potencial capacidade destrutiva. Para a zona de expansão horizontal dos ventos, na superfície e sobre a superfície, dá-se o nome de *outflow*.

Figura 6. Composição colorida da Imagem GOES-13 apresentando a nebulosidade resultante da associação do VCAN a ZCIT para o dia 29/01/16. Fonte: <http://satelite.cptec.inpe.br/>.

Figura 7. Ilustração esquemática da morfologia de uma microexplosão e seus parâmetros mais significativos. Fonte: Pascual, 1995.

Repercussões do evento climático na RMR

A compreensão da repercussão do evento climático descrito na seção anterior sobre a RMR tomou como principal base o levantamento de publicações oficiais em meio digital, tanto boletins apresentados por órgãos do governo quanto artigos jornalísticos.

Por toda a extensão da RMR foram registradas precipitação, descargas elétricas e fortes ventanias,

a APAC registrou rajadas de vento de até 80km/h e informou os dados de precipitação acumulada para os municípios mais afetados:

Olinda (62mm), Recife (52mm), Paulista (42mm) e Igarassu (38mm). A Figura 8 mostra a intensa nebulosidade e a presença de nebulosidade sobre a RMR.

Figura 8. Descargas elétricas e intensa nebulosidade provenientes da microexplosão atmosférica sobre a RMR em 29-01-16. Fonte: diariodepernambuco.com.br.

Houve queda de 173 de árvores, avaria de 89 semáforos, queda de 100 postes, falta de energia e um total de 55 acidentes, dentre estes, um chegou a provocar o falecimento de um ciclista atingido por uma árvore. A Figura 9 Mostra um ferido sendo socorrido após o seu carro ser atingido por uma árvore no bairro do Derby.

A falta de energia elétrica ocorreu em diversos bairros da RMR, em algumas localidades foi registrado o acumulado de dezessete horas sem eletricidade, segundo a Celpe os bairros mais afetados pela falta de energia elétrica foram Tamarineira, Derby, Boa Viagem e Brasília Teimosa, e que para toda a RMR houve um total de quinhentas mil unidades consumidoras afetadas.

O Aeroporto Internacional dos Guararapes também ficou sem energia e, como consequência, o voo 1284 da Gol, proveniente de Brasília foi desviado para o Aeroporto Internacional Castro Pinto em João Pessoa. O abastecimento de água foi atingido devido à falta de energia que comprometeu o bombeamento, o tratamento e a distribuição da água na RMR, vinte e sete por cento do volume de água calculado por segundo deixou de ser distribuído para a população.

O setor da saúde também sofreu com o evento climático, além da falta de energia, houve danos

estruturais, a Figura 10 mostra parte do teto do Hospital das Clínicas que desabou sobre uma enfermaria; a Figura 11 apresenta o letreiro de outro hospital, Hospital Esperança, que também desabou em cima dos veículos que estavam estacionados próximos. Além da morte, dos acidentes leves e dos danos materiais o tráfego de veículos foi prejudicado, causando enormes áreas de engarrafamento.

Quanto à resposta e à ação dos órgãos governamentais sobre as consequências deste evento climático, a Defesa Civil entrou em estado de alerta, a Prefeitura do Recife lançou uma nota informando a formação de um escritório de gerenciamento de crise coordenado diretamente pela prefeitura, um total de 450 servidores da Defesa Civil, da Empresa de Limpeza Urbana – Emlurb, da Guarda Municipal e agentes de trânsito estavam atuando nas ruas. A Figura 12 mostra o escritório de gerenciamento de crise formado pela prefeitura do Recife. Também foi publicado que servidores do governo e da Celpe estariam atuando em parceria com os servidores da prefeitura.

Figura 9. Ferido sendo socorrido após seu veículo ser atingido pela queda de uma árvore no bairro do Derby.
Fonte: <http://g1.globo.com/>.

Figura 10. Queda de parte do teto do Hospital das Clínicas derrubado sobre a enfermaria. Fonte: <http://g1.globo.com/>.

Figura 11. Queda do letreiro do Hospital Esperança sobre carros estacionados. Fonte: <http://deolhonotempo.com.br/>.

Figura 12. Escritório de gerenciamento de crise formado pela Prefeitura do Recife. Fonte: <http://www2.recife.pe.gov.br/>.

A APAC trabalhou em conjunto com a Defesa civil, emitiu avisos de alerta e lançou uma nota de explicativa sobre o evento climático corrente. A Celpe informou que durante as primeiras doze horas do evento 80% dos problemas relacionados à falta de energia elétrica foram resolvidos e que cento e quarenta e nove equipes foram escaladas. As unidades de saúde afetadas foram priorizadas.

A COMPESA informou que o reestabelecimento da distribuição de água não ocorreria de imediato, devido à demora do reestabelecimento da energia elétrica e do processo de bombeamento, enchimento de adutoras e reservatórios.

Conclusões

O risco de outro evento dessa magnitude, ou até de maior intensidade, põe em alerta a população da RMR. É conveniente lembrar Moura e Silva (2008) que afirmaram que a presença de fatores ambientais faz parte da vida urbana e que os impactos dos fenômenos naturais na sociedade tornam-se problemáticos pelo modo de ocupação do solo, pela qualidade construtiva e pela presença ou ausência de infraestrutura adequada.

Refletir sobre a vulnerabilidade da RMR sobre o contexto do que foi apresentado sobre o evento climático do dia 29-01-16 é válido ao realçar o entendimento de “população vulnerável” e de “território socialmente vulnerável”, uma vez que o grupo dos indivíduos afetados não se conteve, ou não se limitou, às áreas periféricas da cidade, lembrando Kaztmam (1999 e 2000) que vinculou a noção de vulnerabilidade à de pobreza e a qualificou como componente de crescente

importância quando se trata de desvantagens sociais e demográficas.

De fato, um ambiente de segregação socioespacial costuma se apresentar mais vulnerável, contudo, os efeitos das negligências técnica e política foram perceptíveis em todas as camadas sociais, e sabe-se que isto não é uma exclusividade da RMR, mas sim uma característica das grandes Regiões Metropolitanas brasileiras e seus “modelos de desenvolvimento”. Deste modo, o exposto neste trabalho é significativo como alerta às demais cidades brasileiras.

Os valores de precipitação e, sobretudo, de velocidade do vento foram os mais expressivos, com rajadas de vento registradas de 13,8 m/s. O maior valor de precipitação acumulada registrado coincidiu com o limiar mínimo para ser classificado como “extremamente chuvoso” (16,8), refletindo a vulnerabilidade da RMR a eventos com fortes ventanias.

Ressalta-se que ante a inevitabilidade destes fenômenos, os quais impulsionam a desastres, devem-se escolher medidas permanentes de prevenção e planejamento para evitar que estes fenômenos resultem em desastres (Moura e Silva, 2008).

Quanto às negligências mencionadas, também vale ressaltar o papel da sociedade, a qual deve trabalhar em perspectiva de evitar tais prejuízos, e participando da manutenção e do reforço da sua capacidade de resiliência. A sociedade também tem a sua responsabilidade.

A queda de árvores e de postes, a avaria da sinalização de trânsito, a paralização no fornecimento de energia elétrica e, por consequência, no abastecimento de água e o comprometimento no sistema de transporte podem

ser listados como os principais impactos do desastre ocorrido, os quais foram refletidos em acidentes, comprometimento do sistema de saúde e até em morte.

Devem ser pensadas as podas e o manejo das árvores centenárias das ruas, principalmente por uma equipe técnica capacitada. A simples retirada da vegetação pode implicar em inúmeros outros impactos, como ilhas de calor e má qualidade do ar.

Além da queda de energia, o risco de choque elétrico é constante em dias chuvosos na RMR, as falhas relacionadas às redes elétricas são um sério problema em diversas cidades brasileiras, pela falta de qualidade técnica e o crescimento da rede sem ordenação, resultando no amontoamento dos cabos de transmissão.

A falta de infraestrutura satisfatória no trânsito é um dos principais problemas sofridos pela população da RMR, e em eventos extremos percebe-se a sua intensificação. O trânsito necessita de um investimento estratégico, principalmente de transportes coletivos, tão deficitários no local.

Em adição às questões estruturais específicas citadas, é imprescindível mencionar a deficiência de infraestruturas quanto ao escoamento das chuvas. Sendo este um problema histórico e de alta frequência na RMR.

No que diz respeito à RMR em sua totalidade, necessita-se praticar um planejamento urbano à longo prazo que possa abranger uma política pública de gerenciamento e prevenção de riscos, além de combater as negligências expostas anteriormente por meio de capacitação e preciosismo técnico e o estabelecimento da comunicação entre a população e o Estado.

Referências

Alvarez, I. P., 2013. A segregação como Conteúdo da Produção do Espaço Urbano, in: Vasconcelos, P. A., Corrêa, R. L., Pintaudi, S. M. (Org.), A cidade contemporânea: segregação espacial. Contexto, São Paulo, pp. 111-126.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2016. Chuvas e ventania. Disponível: http://www.apac.pe.gov.br/noticias.php?noticia_id=763. Acesso: 22 jul. 2016.

Borsato, V. A., 2006. A Participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período de 1980 a 2003. Tese (Doutorado). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.

Bitoun, J., 2004. Impactos socioambientais e desigualdade social: vivências diferenciadas frente à mediocridade das condições de infraestrutura da cidade do Recife, in:

Mendonça, F. (Org.), Impactos socioambientais urbanos. Editora da UFPR, Curitiba, pp. 255-270.

Carlos, A. F. A., 2013. Da “organização” à “produção” do espaço no movimento do pensamento geográfico, in: Carlos, A. F. A., Souza, M. L., Sposito, M. E. B (Org.), A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios. Contexto, São Paulo, pp. 53-73.

Cavalcanti, I. F. A., Ferreira, N. J., Silva, M. G. A. J., Dias, M. A. F. S., 2009. Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, São Paulo.

Christofolletti, A., 1979. Análise de Sistemas em Geografia. Hucitec, São Paulo.

Corrêa, R. L., 2013. Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão, in: Carlos, A. F. A., Souza, M. L., Sposito, M. E. B (Org.), A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios. Contexto, São Paulo, pp. 41-51.

Diário de Pernambuco, 2016. Chuvas deixam rastro de destruição e breu no Recife. Disponível: http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2016/01/29/interna_vidaurbana,624480/chuvas-deixam-rastro-de-destruicao-e-breu-no-recife.shtml. Acesso: 22 jul. 2016.

Doswell, C. A., Schultz, D. M., 2006. On the use of indices and parameters in forecasting severe storms. Electronic J. Severe Storms Meteor. 1, 1-14.

G1, 2016. Temporal deixou saldo de 173 quedas de árvores, 55 acidentes e uma morte. Disponível: <http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2016/01/temporal-deixou-saldo-de-173-quedas-de-arvores-55-acidentes-e-uma-morte.html>. Acesso: 22 jul. 2016.

Gan, M. A., 1983. Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico sul e leste do Brasil. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.

Lefebvre, H., 1999. A revolução urbana. Ed. da UFMG, Belo Horizonte.

Lima, E. G., Loredou-Souza, A. M., 2015. Análise da ocorrência de *downbursts* no Brasil. Ciência e Matura 37, 32-38.

Marandola Jr., E., Hogan, D. J., 2004. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. Ambiente e Sociedade 7, 95-110.

Melo, M. L., 1961. As migrações para o Recife I: Estudo Geográfico. Instituto Joaquim Nabuco, Recife.

Molion, L. C. B., Bernardo, S. O., 2002. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste

- brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia 17, 1-10.
- Monteiro, C. A. F., 1995. A Interação homem-natureza no futuro da cidade, in: Becker, B. K., Christofletti, A., Davidovich, F. R., Geiger, P. P. (Org.), Geografia e Meio Ambiente no Brasil. Hucitec, São Paulo, pp. 371-395.
- Moura, R., Silva, L. A. A., 2008. Desastres naturais ou negligência humana? Revista Geografar 3, 58-72.
- NE10, 2016. Após morte e destruição, chuva deixa grande Recife em alerta. Disponível: <http://noticias.ne10.uol.com.br/grande-recife/noticia/2016/01/29/apos-morte-e-destruicao-chuva-deixa-grande-recife-em-alerta-594406.php>. Acesso: 22 jul. 2016.
- Nóbrega, R. S., Farias, R. F. L., 2016. Eventos extremos pluviais em Jaboatão dos Guararapes: climatologia e estudo de caso. Revista do Departamento de Geografia USP, 70-82.
- Nóbrega, R. S., Santos, P. F. C., Moreira, E. B. M., 2016. Morfologia urbana e ilhas de calor na cidade do Recife/PE: distribuição espacial e intensidade. Revista de Geografia 33, 319-333.
- Ogashawara, I., 2012. Análise rítmica e a climatologia geográfica Brasileira. Geoaraguaia 2, 57-72.
- Pascual, L. P., 1995. Modelización dinámica del microburst – aplicación a la aeronáutica. Tesis (Doctoral). Madrid, Universidad Complutense de Madrid.