

Sistema de alerta de cheias: uma ferramenta para o desenvolvimento sustentável

Fernanda Santa Barbara Vissirini
Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
Brasil
fernandavissirini@gmail.com

Alfredo Akira Ohnuma Junior
Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
Brasil
akira@uerj.br

Rosa Formiga Johnsson
Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
Brasil
formiga.uerj@uerj.br

Rodrigo Werner da Silva
Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro – Brasil
werner.rodrigo@gmail.com

ABSTRACT

The advancement of sustainable development faces risk factors such as unplanned urban development, environmental degradation, climate change, social and political conflict, and needs tools to reduce early warning gaps for disaster risk reduction (RRD). The objective of this work was to define the rainfall thresholds and to fill existing gaps in the Flood Alert System implemented in the Capivari River Basin, in Duque de Caxias (RJ), as a RRD tool. As a fundamental instrument of urban systems for RRD, the methodology consisted in the definition of the rain thresholds through the Shared Method for the issuance of alert. Matching lines were defined at alert levels adopted by municipal civil defense. With four levels of alert and the limit of defined levels of the river got the rain thresholds. The results indicated that the greater the anticipation of the warning, the greater the time for the population and public managers to take preventive and mitigating measures that favor risk reduction. It is understood that sustainable economic growth will occur when governments, political actors and local communities combine to prevent natural disasters and control climate change in national growth strategies. In a scenario of political and economic regression, it is concluded that investments for RRD need support with continuous and apolitical management systems, and use of simplified methods such as Shared. Without the continued application of disaster risk management, civil defense agencies and the population are increasingly vulnerable and ordinary rain situations can lead to disasters.

Keywords: Risk management; Disasters; Sustainability; Alert System.

1. MECANISMOS PARA REDUÇÃO DE RISCO DE DESASTRES

Os marcos internacionais para redução de risco de desastres (RRD) do ano de 2015 como o: Quadro Sendai (QS), Acordo de Paris (AP) e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), têm sido fundamentais para estabelecer acordos entre os países desenvolvidos e emergentes. Esses marcos expressam a necessidade de integrar níveis de governo e diferentes setores envolvidos na gestão do risco de desastres (GRD), no envolvimento e participação ativa da população de áreas de risco e a sociedade civil em geral (VIANA, 2016). O QS direcionou seus objetivos na prevenção de novos riscos de desastres e redução dos existentes, de modo a ampliar sua atuação com integração das áreas

social, cultural, educacional, ambiental, tecnológica, política, jurídicas, com medidas para reduzir exposição, perigos e a vulnerabilidade de desastres. O QS prevê aumentar a resiliência na resposta dos eventos e entender o estado como o principal responsável na GRD (adaptado CRED e UNISDR 2016).

No Brasil, o Megadesastre da Região Serrana foi determinante para uma nova postura do Governo Federal em relação às políticas de prevenção e mitigação de desastres (GIDES, 2017), onde as discussões resultaram no estabelecimento da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Anterior ao Desastre da Região Serrana, a região da Baixada Fluminense já apresentava sérios problemas com a falta de planejamento urbano, além de encontrar-se em área de planície, relevo acidentado por morros e encostas com moradias em áreas suscetíveis aos desastres, portanto com características hidráulicas-hidrológicas favoráveis a ocorrência de sinistros, ainda mais quando possui elevada vulnerabilidade e exposição aos eventos extremos (adaptado OHNUMA, 2016).

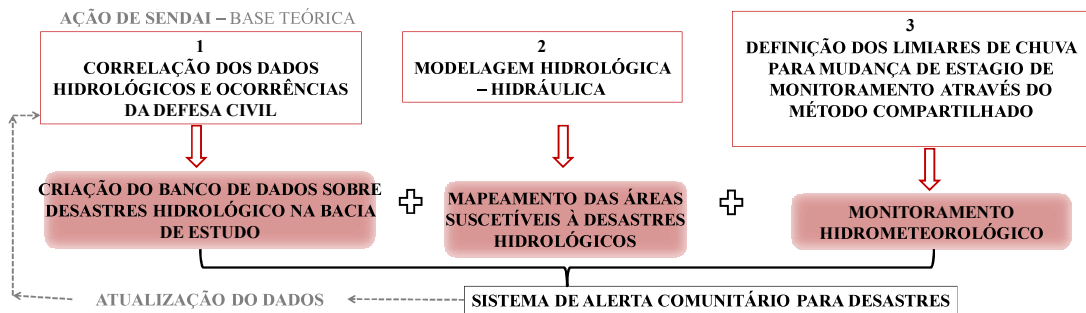
CRED e UNISDR (2016) expõem as mudanças climáticas como uma ameaça para a meta global de desenvolvimento sustentável e precisa enfrentar outros fatores de risco como o desenvolvimento urbano não planejado, degradação ambiental e lacunas nos alertas precoces, com exigências de assegurar que as pessoas sejam informadas e de fortalecer as instituições que gerem os riscos de desastres. Ao expandir os esforços para a sustentabilidade, a noção de melhor reconstrução precisa incluir não apenas a reconstrução “mais forte”, mas também “mais verde” e “mais justa” (KIM e OLSHANSKY 2015). Os argumentos revelam que não deveria haver construção de volta, e sim trabalhar de forma diferente para avançar em direção a um futuro sustentável (MANYENA et al. 2011; IOM 2015). O sistema de alerta de cheias (SAC) e o monitoramento hidrológico aplicados na bacia de estudo como proposta para informar a população vulnerável a respeito dos riscos faz parte das medidas preventivas com vistas ao novo olhar sustentável.

Isto permite estreitar o caminho entre pesquisa e operação, de modo a gerar resultados que atendam às sociedade. A comunidade científica, gestores públicos e a população buscam respostas para as ocorrências de desastres e torna-se mais evidente quando a exploração e ampliação da base de informações sobre desastres passam a ser prioridade e tornam-se informações prévias para tomada de decisão. O objetivo deste trabalho é reduzir as lacunas do alerta precoce a partir da determinação dos limiares de chuva do SAC instalado na Bacia do rio Capivari, Duque de Caxias – RJ como ferramenta de redução de risco de desastres.

2. PROCEDIMENTOS APLICADOS NA BACIA PARA DEFINIR OS LIMITES DE CHUVA

A GRD representa o conjunto de decisões administrativas, de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos por sociedades e comunidades para implementar políticas, estratégias e fortalecer suas capacidades a fim de reduzir os impactos de ameaças naturais e de desastres ambientais e tecnológicos consequentes (ONU, 2012). A GRD incorpora atividades de medidas não estruturais, onde suas ações são definidas como: prevenção, mitigação, preparação e resposta aos desastres. Ainda que sejam evidentes os procedimentos a serem adotados na GRD e na busca pela RRD nos diferentes setores como defesas civis e demais órgãos governamentais, empresas privadas, comunidade científica e sociedade, este trabalho baseia-se nos conceitos apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU) e nos ODS, descrito no QS, o fluxograma é ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1. Método de GRD aplicado na bacia, destaque no item 3 (limiares de chuva).

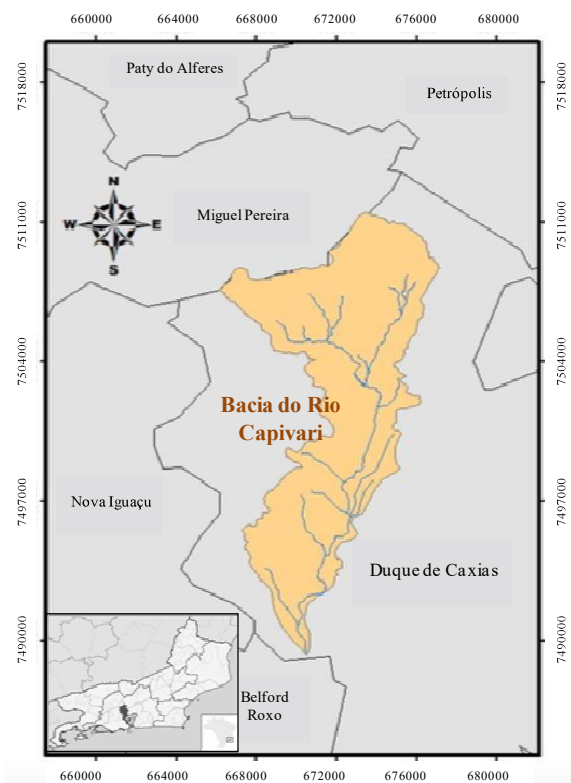


Fonte: Vissirini, 2018.

2.1 Caracterização da bacia do rio Capivari

O Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA), em 2008, instalou duas estações telemétricas na bacia de estudo, Ponte de Ferro Capivari e Xerém, a jusante e montante da bacia, respectivamente, porém, não foram encontrados estudos que indicassem os limites de precipitação para emissão de alerta. A bacia do rio Capivari (**Figura 2**) está totalmente inserida no município de Duque de Caxias-RJ e representa 23% da área total do município, com aproximadamente 105 km².

Figura 2. Localização da bacia do rio Capivari – Duque de Caxias, RJ.



Fonte: Ohnuma, 2016.

Possui clima Tropical quente e úmido, com a pluviometria na porção de planície com medias anuais de 1.300 mm e temperatura de 23 °C, enquanto nas cotas mais elevadas da serra, devido à influência do relevo, a média anual ultrapassa 1.500 mm e temperaturas menores de 22 °C, o que

favorece uma maior concentração e descarga de escoamento para áreas de planícies.

Pertencentes a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara, a bacia do rio Capivari é afluente do rio Iguaçu pela margem esquerda e seus principais formadores são o rio João Pinto e rio Registro. Seu talvegue principal tem extensão superior a 17 km. Mais de 4% de sua área total são ocupadas por áreas urbanizadas (residencial ou industrial) e pouco menos de 70% de área preservada (Área de Proteção Ambiental do Alto Iguaçu e Reserva Biológica do Tinguá). As áreas de proteção ambiental dificultam a ocupação irregular e preserva a região de floresta da bacia, minimizando os impactos de eventos hidrometeorológicos. A bacia completa sua ocupação do solo com agricultura (0,71%); pastagem e solo exposto (25,3% da área), afloramento rochoso e água (0,22%) (NEVES e SOUSA, 2014).

Apesar da escassez de dados geológicos e de alterações substanciais das condições climáticas na região, a classificação de uso e ocupação do solo na bacia do rio Capivari com mais de 95% de área verde e solo exposto pressupõe elevada capacidade de infiltração (OHNUMA et al., 2016). O evento de janeiro de 2013 é considerado como um dos mais graves em relação à intensidade pluviométrica e aos danos causados no período analisado neste estudo. O município decretou Situação de Emergência para o evento caracterizado como enxurrada, desencadeado pelas chuvas intensas dos dias 02 e 03 sucedeu no distrito de Xerém, na bacia hidrográfica do rio João Pinto, com mais de 1400 desalojados e desabrigados, 60 feridos e 2 mortos (CARVALHO e DOMINGUES, 2013).

2.1 Sistema de Alerta e Monitoramento na bacia do rio Capivari – Duque de Caxias, RJ

O SAC é considerado um instrumento fundamental de sistemas urbanos já consolidados, uma vez que permite que a comunidade seja informada da ocorrência de eventos extremos e minimize os danos materiais e humanos (KOBAYAMA et al., 2006). A previsão de sistemas de alerta pode trazer benefícios à população ao priorizar o aviso prévio de inundações iminentes, para evacuação. São necessários mecanismos eficazes de disseminação e resposta humana para assegurar que os benefícios potenciais do aviso prévio sejam realizados (MOORE et al., 2005). A atualização do sistema ocorre com a alimentação das informações sobre os eventos que causam transtornos da bacia, e aqueles que deixam de causar prejuízos, devido às obras realizadas, desocupação das áreas. Esta medida melhora o limiar de alertas, ainda que modelagens hidrológicas e hidráulicas não tenham sido feitas.

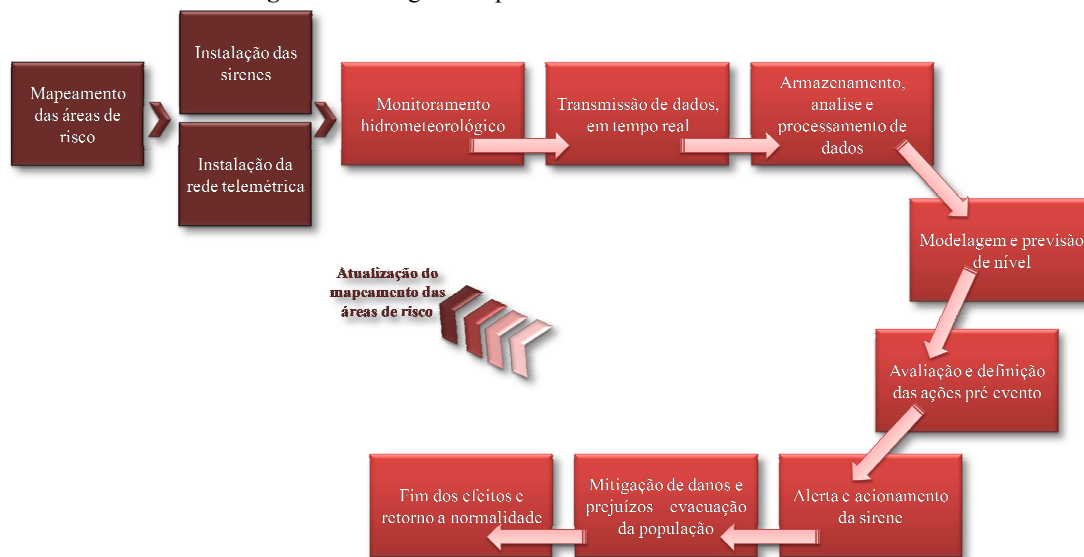
A **Figura 3** indica os procedimentos que incorporam o SAC de modo a garantir sua eficiência, na simulação de um evento capaz de causar transtorno à cidade (KOBAYAMA et al., 2006). O SAC e o monitoramento de fenômenos de inundações bruscas deve ser realizado em nível municipal (escala local), uma vez que os processos decorrentes dos fenômenos são rápidos, de modo que permite-se assim reduzir os custos e agilizar o processo de ação e resposta em bacias de pequena área (adaptado KOBAYAMA et al., 2006). A eficiência desse sistema pode melhorar a segurança pública, atenuar os danos sociais e reduzir as perdas econômicas associadas às inundações (MERKURYEVA et al. 2015).

Os limiares de emissão de alerta sugeridos seguem as etapas do Método Compartilhado, descritas no Manual Técnico de Elaboração e Transmissão de Alertas Antecipados de Risco de Movimentos de Massa estabelecidas no recente Projeto GIDES1, de 2017. O limiar é entendido como a representação

¹ Acordo de cooperação internacional entre o Governo do Brasil e o Governo do Japão, firmado no ano de 2013, para o desenvolvimento e implementação de ações voltadas ao “Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos de Desastres Naturais”.

gráfica que separa a zona segura da insegura (Linha Crítica). A zona segura é aquela em que os índices de chuva propõem menor probabilidade de ocorrência e a zona insegura caracteriza os eventos com maior probabilidade, em relação aos índices de chuva. Foram consideradas linhas auxiliares para coincidir o monitoramento hidrometeorológico com as ações operacionais do órgão de defesa civil e antecipar eventos que atingem ou superam a linha crítica.

Figura 3. Fluxograma e procedimentos do Sistema de Alerta.



Fonte: Kobiyama, 2005.

O Método Compartilhado (MC) assume a chuva efetiva pela soma da chuva atual e do remanescente da chuva antecedente através de um redutor (meia vida²), de acordo com o tempo decorrido desde a chuva antecedente. Quanto mais antiga a chuva antecedente, menor será sua influência no valor da chuva efetiva, tanto para os índices de longo como de curto prazo. Os tempos de meia vida definidos no GIDES foram para a chuva efetiva de longo prazo, de 72 horas e, para a chuva efetiva de curto prazo, de 1,5 horas. Depois de calculados os índices da chuva efetiva de longo prazo (eixo horizontal) e de curto prazo (eixo vertical) para cada série de chuvas, estes índices foram plotados em um gráfico, distinguindo-se cada chuva com e sem evento. Maiores detalhes podem ser visto no manual citado.

No estabelecimento dos limiares para emissão de alerta, fez-se o apanhado de chuvas que ocorrem nas duas estações do INEA, com intervalos de vinte e quatro horas e o maior registro de uma hora, onde cada evento deve ter um intervalo de pelo menos vinte e quatro horas sem registro de chuva horária superior a 10 milímetros e acumulado de 40 mm, sendo este o primeiro limite para mudança de estágio. Após concentrar todos os eventos de chuva existentes nessas estações, fez-se a relação com o nível d'água do rio Capivari. Os níveis d'água foram confrontados com as informações do banco de dados gerado no trabalho de VISSIRINI (2018), identificando os eventos que causaram maiores danos na bacia. Consideraram-se as porcentagens de nível para definição dos limiares (estágios) do nível do rio: 1º Normalidade: abaixo de 75% da calha preenchida; 2º Atenção: entre 75% e 90% da calha

² Meia vida: Tempo para que o volume das chuvas antecedentes, em um dado instante, seja reduzido à metade.

preenchida; 3º Alerta: de 90% até 100% da calha preenchida; e 4º Alarme: transbordamento do rio (acima de 100% da calha preenchida).

3. LIMIARES DE CHUVA UTILIZADOS NA BACIA DO RIO CAPIVARI

Os dados pluviométricos obtidos nas duas estações do INEA permitiram analisar um universo de mais de 200 eventos de chuva, para determinação dos limiares de chuva na bacia do rio Capivari, no intervalo do ano de 2008 a janeiro de 2016. A partir das medições de níveis e os limites para cada estágio já determinados, obteve-se o quantitativo de eventos para cada limiar de chuva (**Tabela 1**). A **Tabela 2** indica as datas, ocorrências dos eventos selecionados e sua classificação dentro dos níveis de emergência.

Tabela 1. Quantidade de eventos para cada estágio definido.

Estágio	nº de eventos de chuva	Intervalo	
		Nível (m)	%
Normalidade	27	até 2,80	até 75
Atenção	32	2,81 a 3,40	75 a 90
Alerta	14	3,41 a 3,80	90 a 100
Alarme	25	> 4,20	acima de 100

Fonte: Vissirini, 2018.

Extraíram-se as informações do tempo de recorrências dos eventos, e selecionados vinte eventos de chuva para definição dos limiares de chuva para mudança de estágio. Nota-se que dentro dos 20 eventos, onze impactaram a bacia do rio Capivari, com aumento do nível do rio e transtornos no cotidiano das comunidades, indicado pela defesa civil ou por notícias da mídia. A **Tabela 3** e **Tabela 4** demonstram essa relação, sendo considerada para o tempo de recorrência a maior intensidade de chuva ininterrupta dentro do evento como um todo. Esta análise permite entender o comportamento hidrológico da bacia, quanto ao tempo de resposta do momento que se inicia a chuva até o transbordo.

Com os quatro níveis de alerta e seus limiares de níveis do rio definidos foi possível obter os limiares de chuva. Quanto maior a antecipação do aviso, maior o tempo para a população e gestores públicos tomarem medidas preventivas que favorecem a redução dos riscos. Identificou-se que para um evento de magnitude alta e que cause transtorno na cidade, o conjunto de acumulados e intensidade devem ser altos. Muitas vezes, a duração da chuva ultrapassa 48 horas e com isso apresenta maiores acumulados, porém as intensidades horárias neste período são baixas, isto demonstra que a bacia hidrográfica apresenta boa capacidade de resposta.

Em contrapartida, quando a intensidade de chuva é alta e o tempo de duração é curto, há a elevação brusca do nível do rio com consequência de transtornos à cidade. Dentre os eventos estudados, a duração do evento ultrapassou o valor de 6 horas, o que contribui para análises futuras, uma vez que o tempo de concentração (T_c) da bacia se aproxima deste valor, caracterizando eventos com duração inferior a este valor menos danosos para a bacia. O T_c é o parâmetro que permite a relação entre a precipitação, intensidade e as ações da defesa civil, uma vez que determina o tempo de resposta para as ações de defesa civil na ocorrência de um evento específico. Esta relação atende aos fatores ambientais e sociais, ambos envolvidos em um desastre (GOERL et al., 2005).

Tabela 2. Eventos com ocorrências na bacia do rio Capivari, RJ.

Data	Nível (m)	Ocorrências			
		Tipo	Qtidade	N	Obs.:
13/03/2008	3,80	Jornal	-	-	
20/01/2009	3,76	Jornal	-	-	
12/02/2009	3,92	Jornal	-	01	
11/11/2009	4,57	Jornal	-	03	150 Desalojados; 300 Desabrigados
15/11/2009	3,06	Jornal	-	-	
04/12/2009	4,75	Jornal	-	02	3 Mortes
30/12/2009	4,87	Jornal	-	03	865 Desabrigados; ≥1600 Desalojados
15/01/2010	3,88	Jornal	-	02	Parte da cidade sem energia elétrica
05/04/2010	4,14	Jornal	639	03	187 Desabrigados
02/01/2013	5,24	Jornal/BO	488	03	≥ 1000 Desalojados; 478 Desabrigados; 01 Morte
14/01/2013	3,47	BO	33	01	
17/01/2013	3,47	BO	11	-	
20/01/2013	4,18	BO	32	02	
26/01/2013	4,13	BO	9	02	
04/02/2013	3,37	BO	15	-	
17/03/2013	5,16	Jornal/BO	24	03	347 Desalojados; 149 Desabrigados
11/12/2013	3,90	Jornal	-	01	
02/01/2016	4,26	BO	11	01	
15/01/2016	5,03	Jornal/BO	53	02	

Fonte: Vissirini, 2018.

O MC utilizou os dados de chuva selecionados, com a separação dos eventos com e sem ocorrência, e plotados nas coordenadas (X; Y) com os tempos de meia vida de 72 horas e 1,5 horas no **Figura 4**. Os eventos de chuva foram reorganizados e plotados em gráficos, referentes a cada estágio determinado. O limiar de acionamento da sirene, momento em que é obrigatória a evacuação das áreas de risco, contou com a análise das ocorrências e seu grau de relevância. Para o nível de emergência 01 (N1) notou-se que os danos causados são bastante pontuais, não há vítima fatal e não afeta a rotina da cidade. Este nível foi considerado como eventos que ocorrem com frequência e não causam prejuízos de modo a classificá-lo como desastre e sem a necessidade de acionamento da sirene. A partir do nível de emergência 02 (N2) os danos causados em parte da cidade identificaram o evento como extremo, um desastre, com o acionamento da sirene ou não. Cinco eventos puderam ser caracterizados como desastre na bacia do rio Capivari, indicados como alarme, sendo o limiar para esta finalidade considerado os eventos com ocorrência iguais a N3. Para as linhas auxiliares utilizou também a separação dos eventos pelos níveis d'água indicados anteriormente.

Estes limiares indicam uma tendência de ocorrer ou não o desastre. Muitas vezes os acumulados de precipitação ultrapassaram estes limiares e não ocasionaram danos ou mortes. Estabelecer parâmetros de alerta permite o aumento da resiliência e alteram as retas conforme verifique-se ou não os impactos decorrentes do incremento pluviométrico. Quanto mais se aproximar dos limites de alerta

maior a probabilidade de ocasionar perdas humanas, econômicas e sociais. Como preconiza o objetivo das coordenadorias de Defesa Civil, este conhecimento incrementa as ações de prevenção aos desastres, permitindo que esses limites tenham caráter de amenizá-los e conseqüentemente uma chuva que extrapole os valores da curva não causem o dano, em vista do acionamento antecipando na emissão dos alertas e acionamento das sirenes.

Tabela 3. Eventos na estação Capivari, RJ.

Evento	Data	02/01/2013	17/03/2013	15/01/2016	30/12/2009	04/12/2009	11/11/2009
Duração	hora	13.25	6.75	7.00	13.50	4.25	8.75
P _{acu} 24h	mm	83.60	76.20	72.20	163.60	32.40	152.00
Intensidade	mm/h	6.26	11.29	10.31	12.12	7.62	17.37
TR	anos	3	5	4	33	≤1	27
NA	m	5,24	5,16	5,03	4,87	4,75	4,57

Evento	Data	02/01/2016	20/01/2013	05/04/2010	26/01/2013	15/01/2010	17/01/2013
Duração	hora	2.25	2.25	7.75	1.00	4.25	1.75
P _{acu} 24h	mm	16.40	30.80	82.40	13.40	50.80	16.60
Intensidade	mm/h	7.29	13.69	10.63	13.40	11.95	9.49
TR	anos	≤1	≤1	4	≤1	≤1	≤1
NA	m	4,26	4,18	4,14	4,13	3,88	3,47

P_{acu}: Precipitação acumulada; TR: Tempo de recorrência; NA: nível d'água.

Fonte: Vissirini, 2018.

Tabela 4. Eventos na estação Xerém, RJ.

Evento	Data	02/01/2013	17/03/2013	15/01/2016	30/12/2009	04/12/2009	11/11/2009
Duração	hora	12.00	8.50	7.75	13.75	11.75	10.00
P _{acu} 24h	mm	200.80	118.80	69.40	96.80	149.20	77.40
Intensidade	mm/h	16.73	13.98	8.95	7.04	12.70	7.74
TR	anos	46	7	≤1	3	16	≤1
NA*	m	5,24	5,16	5,03	4,87	4,75	4,57

Evento	Data	02/01/2016	20/01/2013	05/04/2010	26/01/2013	15/01/2010	17/01/2013
Duração	hora	3.75	1.75	7.75	6.75	2.00	0.75
P _{acu} 24h	mm	78.60	23.20	82.40	41.60	30.40	41.20
Intensidade	mm/h	20.96	13.26	10.63	6.16	15.20	54.93
TR	anos	4	≤1	3	≤1	≤1	2
NA*	m	4,26	4,18	4,14	4,13	3,88	3,47

*o NA refere-se a estação Capivari.

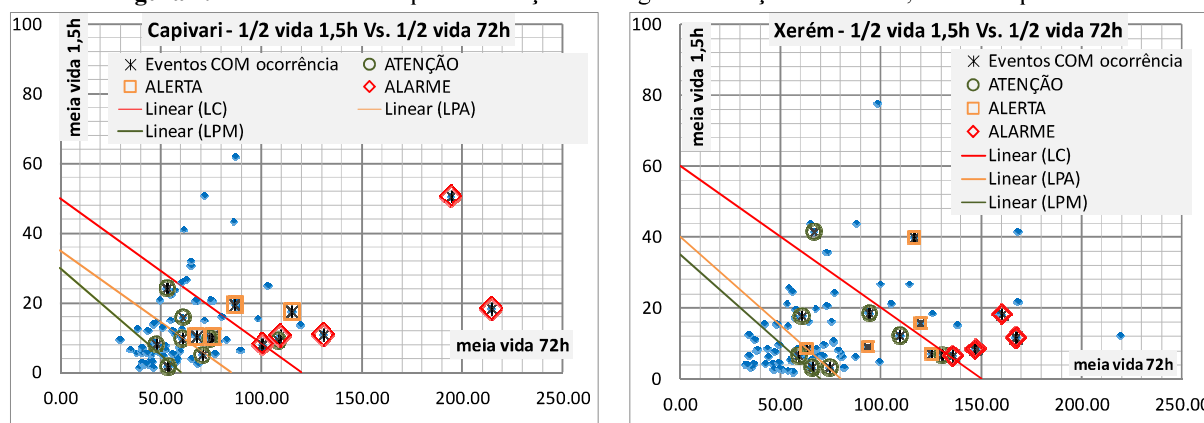
P_{acu}: Precipitação acumulada; TR: Tempo de recorrência; NA: nível d'água.

Fonte: Vissirini, 2018.

O MC tem recente aplicação no Brasil e no Rio de Janeiro, de modo que necessita de avanços em novos estudos. Os valores estimados pelo método com a vivência profissional na defesa civil do município de Duque de Caxias garantem o uso no monitoramento em tempo real de maneira simples e a partir de um embasamento teórico para os alertas emitidos pela defesa civil. A eficiência do método está relacionada com a qualidade e quantidade de informações existentes, de dados pluviométricos e ocorrências relacionadas a cada evento de chuva. As equações podem ser representativas para um pluviômetro, para uma bacia ou uma área mais abrangente, cujo emprego das correlações depende de variáveis hidrometeorológicas, geomorfológicas e sociais encontradas na região, além da

disponibilidade de dados, do nível governamental de emissão de alerta e do suporte aos desastres. A aplicação do método otimiza o serviço de monitoramento em tempo real, uma vez que associados às condições meteorológicas, é possível estabelecer padrões de comportamento da bacia hidrográfica, garantir apoio na resposta às ações de defesa civil e antecipar possíveis danos causados na cidade.

Figura 4. Limiares de chuva para mudanças de estágio das estações estudadas, definidos pelo MC



Fonte: Vissirini, 2018.

Para as metodologias relacionadas a esses limites, de caráter estatístico, torna-se essencial à ampliação da série histórica de dados de chuva com e sem ocorrências, assim como os dados descritivos dos eventos, de maneira a se elevar a precisão na previsão fornecida pelos limiares e orientar a tomada de decisão em situações de chuva prolongada e/ou chuva intermitente, pela transmissão de alertas. VINOD THOMAS (2017) propõe que o crescimento econômico só se torna sustentável se governos, atores políticos e comunidades locais combinarem a prevenção de desastres naturais e controlarem as mudanças climáticas em estratégias nacionais de crescimento. Ao considerar todos os tipos de capital, particularmente capital humano, a ação climática pode impulsionar o crescimento econômico, em vez de impedi-lo.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em um cenário de retrocesso político e econômico, percebe-se que os investimentos pós Mega Desastre da região Serrana e implementação da Lei no 12.608/2012 necessitam de apoio constante ao longo do tempo, com sistemas de gestão continuada e apolíticos. Sem a manutenção e a continuidade de aplicação da gestão de risco de desastres, os órgãos de defesa civil e a população estão cada vez mais vulneráveis e situações corriqueiras de eventos de chuva podem acarretar desastres de natureza hidrológica. Em termos de dimensão da série de dados de chuvas e de eventos, de bases topográficas e geológicas disponíveis e de tecnologias para previsão da chuva futura, são fundamentais métodos mais simplificados, como o caso do MC, para estabelecer os limites de chuva que apresentam uma resposta rápida e com embasamento técnico para o uso em relação à previsão e análise de eventos de natureza hidrológica, para o apoio à tomada de decisão aos órgãos de defesa civil.

Ainda que a proposta deste trabalho não substitua o agente técnico do monitoramento em tempo real, estas ferramentas implicam em maior abrangência e assertividade dos órgãos competentes para emissão de alerta. A cultura de ações de resposta a desastre, de acordo com todo o sistema de defesa

civil deve se modernizar, principalmente, com relação aos equipamentos e meios de armazenamento de dados. As metodologias utilizadas neste estudo devem ser testadas com outros intervalos de duração da chuva, e pelo seu caráter inovador, deve ser validada em outras localidades. Este trabalho permite a continuação das pesquisas nos diferentes temas abordados e o estabelecimento da gestão de risco na bacia hidrográfica. Sugere-se o avanço nas propostas de relacionamento dos estudos hidrológicos ao planejamento urbano e demais áreas que atuam no desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, P.R.B.; DOMINGUEZ, J.L.M. **Cartão de pagamento de Defesa Civil: da obtenção de recursos à prestação de contas**. Centro de Estudos Temáticos de Administração Pública. Santa Catarina. SC. Nov. 2013.

CEMADEN. **Manual Técnico de Elaboração e Transmissão de Alertas Antecipados de Risco de Movimentos de Massa**. Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos de Desastres Naturais. 2017.

CRED and UNISDR. **The Human Cost of Weather Related Disasters 1995–2015**. 2016

GOERL. R. F. KOBAYAMA. M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. João Pessoa. Anais. 2005

INSTITUTE OF MEDICINE. **Healthy, resilient, and sustainable communities after disasters: strategies, opportunities, and planning for recovery**. The National Academies Press, Washington D.C. 2015.

KIM K, OLSHANSKY RB. **The theory and practice of building back better**. J Am Plan Assoc 80:289–292. 2015

MANYENA B, O'BRIEN G, O'KEEFE P, ROSE J. Disaster resilience: a bounce back or bounce forward ability? **Local Environ** 16(5):417–424. 2011

MERKURTEVA G. et al. Advanced River Flood Monitoring, Modelling and Forecasting. **Journal of Computational Science**. 2015.

MOORE R. J.; BELL V. A.; JONES D. A. Forecasting for flood Warning. C. R. **Geoscience. External Geophysics, Climate and Environment**. 2005.

OHNUMA JR. A. A.; VISSIRINI. F. S. B.; FORMIGA JOHNSON. R. M. Gerenciamento Remoto de Cheias Urbanas para Prevenção e Mitigação de Riscos de Eventos Hidrológicos Extremos: Análise do Sistema do INEA-RJ. **Conferencia Internacional de Riscos Urbanos**. Centro Europeu de Riscos Urbanos. Lisboa. 2016.

THOMAS, V. Climate Change and Natural Disasters: Transforming Economies and Policies for a Sustainable Future. **Transaction Publishers**. 2017. p.182.

VIANA, V. J. **Gestão de risco de desastres no Brasil: Leitura das estratégias locais de redução de riscos de inundação em Nova Friburgo, RJ**. Tese de Doutorado. 2016.