

DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES: INUNDAÇÕES NA AVENIDA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHKE NA REGIÃO OESTE DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE

DIAGNOSIS AND SOLUTIONS: FLOODS IN AVENIDA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHEK IN THE WEST REGION OF THE MUNICIPALITY OF BELO HORIZONTE

Paulo Henrique Camargos Firme

Resumo: As inundações têm sido cada dia mais recorrentes na rotina das cidades mineiras. As situações de risco e perigo, bem como os danos e prejuízos, têm sido cada dia maiores, inclusive pela ocorrência de chuvas em grande volume concentradas em curto intervalo de tempo. Desta forma, os sistemas de drenagem têm sido cada dia mais exigidos. Diante da realidade dos municípios e da dificuldade da realização de grandes obras, as técnicas compensatórias têm se tornado um caminho para a solução desses problemas. Com o objetivo de analisar a eficiência da implantação das técnicas de telhado verde e pavimento permeável na área que integra a micro bacia da região da Avenida Presidente Juscelino Kubitschke foi elaborado o presente artigo. Para a consecução desse objetivo, primeiramente, foi realizada a caracterização da microbacia com o emprego do *software* QGIS e, logo após, foram feitas as comparações das condições existentes com as desejadas pela utilização das técnicas citadas anteriormente por meio do *software* ABC 6. Para os cálculos, foi considerado o tempo de retorno de 50 anos, sendo utilizado o método *Soil Conservation Service – SCS – Curve Number*. Foi percebido que, com a instalação das técnicas, haverá a redução de aproximadamente 20% do volume de água a ser drenada no momento de maior exigência do sistema de drenagem.

Palavras-chave: Inundações. Desastre. Prevenção. Mitigação.

Abstract: *Floods have been increasingly recurrent in the routine of mining towns. The situations of risk and danger, as well as damages and losses have been increasing every day, including the occurrence of heavy rains concentrated in a short period of time. Thus, drainage systems have been increasingly required. Given the reality*

of the municipalities and the difficulty of carrying out major works, compensatory techniques have become a way to solve these problems. In order to analyze the efficiency of the implementation of the techniques of green roof and permeable pavement in the area that integrates the micro basin of the region of Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, this article was prepared. To achieve this goal, the micro basin was first characterized using the QGIS software and soon afterwards, comparisons of the existing conditions with those desired were made using the techniques previously mentioned using the ABC 6 software. For the calculations, the return time of 50 years was considered, using the Soil Conservation Service - SCS - Curve Number method. It was noticed that with the installation of the techniques, there will be a reduction of approximately 20% of the volume of water to be drained at the time of greatest demand from the drainage system.

INTRODUÇÃO

As inundações são fenômenos nos quais as águas dos rios, riachos, córregos, galerias pluviais saem do seu leito natural e ocupam áreas utilizadas pela população para outros fins como moradia, indústria, comércio, dentre outras mais relacionadas a rotina das cidades (TUCCI, 2003).

Para Côrtes (2009), as inundações são o resultado da combinação da ocorrência de chuvas em áreas ocupadas sem ordenação e planejamento urbano. Para a autora, o fenômeno inundações está associado à ocupação humana do espaço. Em contrapartida, as cheias para ela são ocorrências naturais de elevação do nível dos rios.

Tucci (2003) indica dois tipos básicos de inundações, sendo o primeiro a ribeirinha e o segundo relacionado à urbanização ou drenagem urbana. O primeiro tipo é provocado pela ocupação das áreas de várzea que, por características naturais, seriam ocupadas pelas águas em razão do aumento do volume dos rios, riachos ou córregos. Já o segundo ocorre em razão da impermeabilização do solo que diminui a quantidade de água que infiltra no solo e aumenta o volume de escoamento. Associado a isso, os sistemas de drenagem urbana não suportam o volume que chega aos canais de drenagem e, portanto, ocorre a ocupação da área urbana pela água retida que não foi escoada.

Côrtes (2009), de forma complementar, traz algumas diferenciações para os tipos de inundações, sendo eles:

- Inundações lentas ou fluviais: ocorrem quando há elevação lenta das águas de cheias ocasionadas por chuvas prolongadas em locais de relevo plano. São eventos que ocorrem de forma gradual e, da mesma forma, têm maior duração.

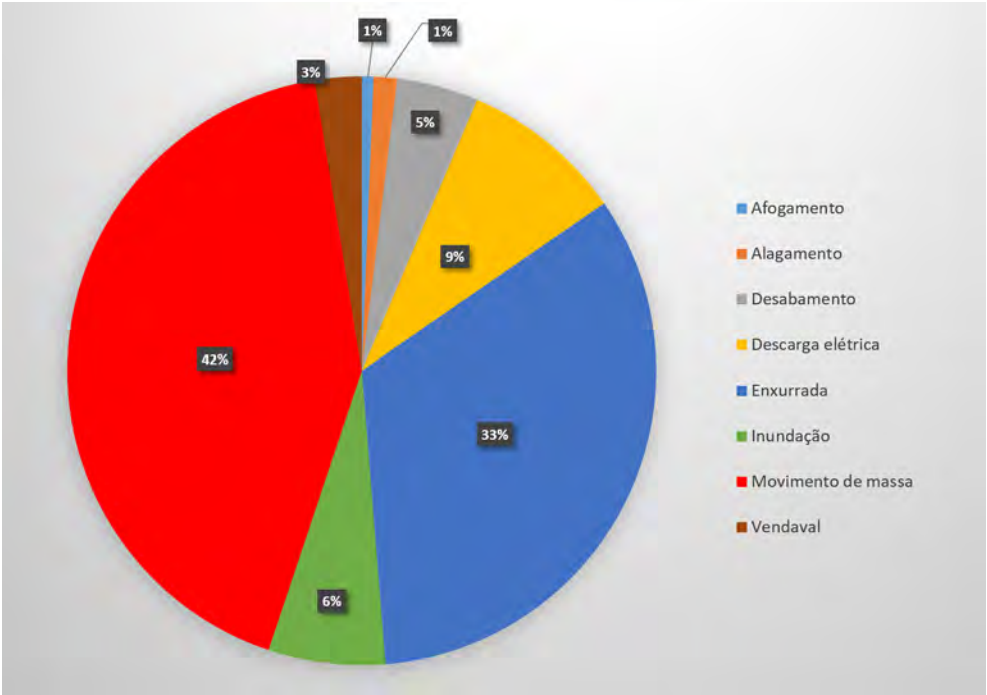
- ▶ Inundações rápidas ou por cheias torrenciais: ocorrem quando o tempo de concentração das águas é inferior a 12 horas. Ocorrem em relevos mais acidentados ou planaltos. Formam grandes fluxos de águas fluindo com força e grande poder destrutivo por onde passam.
- ▶ Inundações por escoamento urbano: ocorre quando o volume de água a ser escoado excede a capacidade de drenagem do sistema existente.
- ▶ Inundações pelas torrentes: são aquelas provocadas por cursos d'água com forte declividade (superior a 6%).
- ▶ Submersões marinhas: ocorrem nas zonas costeiras quando a água do mar adentra áreas antes não ocupadas.
- ▶ Inundações estuarinas: ocorrem quando há a combinação de uma cheia fluvial com elevação do nível do mar.
- ▶ Inundações por remanso da rede de drenagem pluvial: ocorrem quando os canais de drenagem das águas pluviais excedem sua capacidade e passam a expulsar o volume excedente.
- ▶ Inundações por elevação do nível do lençol freático: ocorrem quando há lentidão do escoamento do subsolo de forma natural ou sua elevação em virtude de obras e transbordamento deles. Esse tipo de inundação apresenta maiores riscos para as construções, vias e obras por provocar o encharcamento do solo.

Os desastres relacionados às chuvas têm sido cada dia mais recorrentes nos municípios mineiros. O desenvolvimento das cidades próximas aos leitos dos rios e córregos bem como o crescimento de forma desordenada são fatores que contribuem para a potencialização desses eventos.

O conceito de desastre, conforme Brasil (2017), está associado à ocorrência de eventos, que ocasionam danos e prejuízos humanos e materiais, em locais que apresentam vulnerabilidades e estrutura de resposta insuficiente. De forma complementar, EIRD (2009) conceitua desastre sob dois pilares básicos, sendo o primeiro a existência de danos e prejuízos em decorrência de determinado fato. E o segundo refere-se às consequências provocadas que devem exceder a capacidade de resposta da localidade. O casamento entre os dois fatos é que define a ocorrência de um desastre.

A realidade vivenciada por Belo Horizonte também é muito parecida com a dos demais municípios mineiros. Como forma comparativa e para demonstrar a importância da realização de ações para prevenção, mitigação e preparo da população e demais órgãos públicos para as situações provocadas pelas chuvas, segue gráfico com a relação das principais causas de morte nesses eventos:

Gráfico 1 – Circunstâncias dos óbitos em Minas Gerais entre os períodos chuvosos 2013/2014 a 2019/2020



Fonte: GMG, 2020.

Belo Horizonte (2019) destaca que, desde o ano de 1999, o município tem feito esforços para a prevenção e mitigação dos eventos relacionados às chuvas. Dentre elas destacam-se a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana, elaboração da Carta de Inundação do município, criação dos Núcleos de Alerta de Chuva e implementação do Sistema de Monitoramento e Alerta de Inundações.

Dentro desse contexto, o presente artigo visa primeiramente caracterizar a micro-bacia localizada na região Oeste do município de Belo Horizonte, que compõe a região da Avenida Presidente Juscelino Kubitscheck.

Uma vez caracterizada, por meio do emprego de *softwares* específicos de geoprocessamento e elaboração de simulações que relaciona a precipitação e a vazão, o artigo pretende comparar a atual situação com uma futura caso fossem empregadas técnicas compensatórias de drenagem na área analisada.

1. METODOLOGIA

O presente artigo possui o objetivo de analisar os resultados do possível emprego de técnicas compensatórias de drenagem em uma área de estudo que foi delimitada pela reincidência de problemas relacionados à inundação no município de Belo Horizonte.

Considerando as informações apresentadas no site BH Map, que disponibiliza as áreas de risco relacionadas à possibilidade de inundação nas épocas chuvosas, foi selecionada a área de estudo. Posteriormente, a área foi analisada sendo agregadas a ela informações geográficas relacionadas à delimitação da microbacia e aos aspectos topográficos.

Uma vez delimitada a área de estudo, ela foi analisada por meio da aplicação da ferramenta de geoprocessamento QGIS. Com isso, foram gerados dados que possibilitaram o geoprocessamento da área em estudo.

Concluída a caracterização, foi feito o estudo da área na qual ela está situada. Foram levantados dados sobre o uso e ocupação do solo. Logo após, por meio da utilização do *software* ABC6 e do método *Soil Conservation Service – SCS – Curve Number*, buscou-se comparar os valores obtidos em dois cenários, sendo eles o atual e o futuro, caso fossem empregadas as técnicas compensatórias de drenagem urbana de telhado verde e pavimento permeável.

Diante da metodologia apresentada, é importante destacar que o estudo tem o objetivo primário de comparar os resultados obtidos com a utilização de técnicas compensatórias de drenagem em determinada área de risco do município de Belo Horizonte.

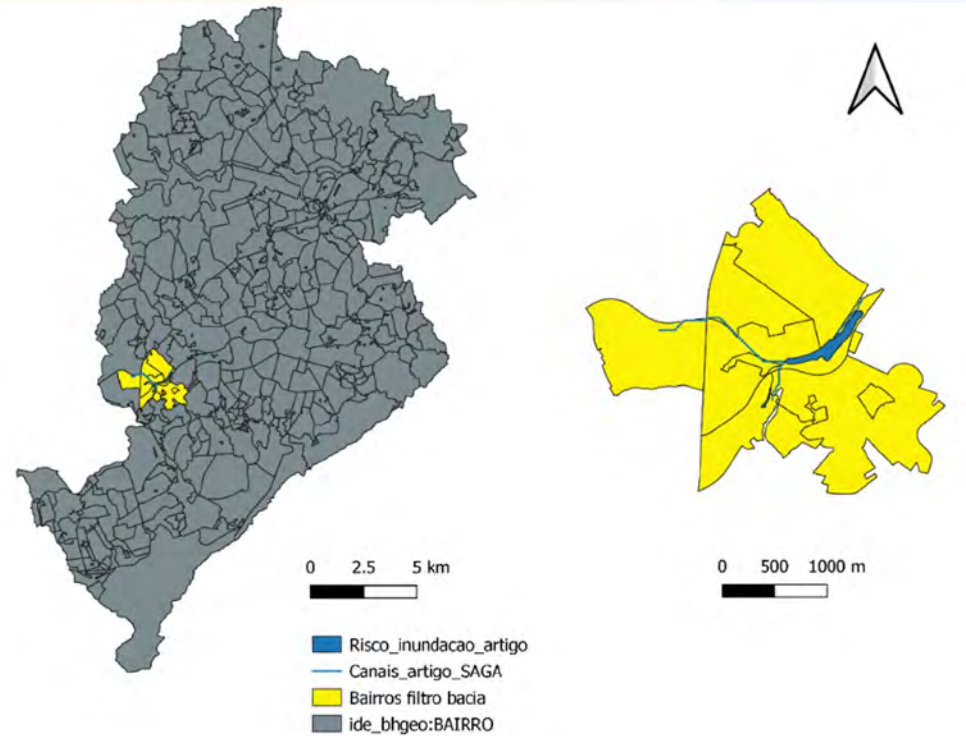
Ele foi produzido com o intuito de divulgar a técnica utilizada para que sejam feitos novos estudos para a promoção das ações de gestão de risco pelo sistema de proteção civil. Para que a técnica fosse implantada na área em estudo, seriam necessários análises complementares e projetos de engenharia.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROBACIA

Com base nas áreas de risco de inundação disponibilizadas pelo site BH Map, foi escolhida para o estudo a microbacia que integra os bairros Alto dos Pinheiros, João Pinheiro, Vila Oeste, Oeste, Nova Gameleira, Santa Maria e Jardinópolis, localizados na região oeste do município de Belo Horizonte.

Figura 1 – Bairros impactados pelas inundações na microbacia estudada



Fonte: elaborado pelo autor

Os bairros acima que compõe a microbacia analisada destacam-se como áreas residenciais e como áreas com grandes vias de ligação. Conforme PBH (2020), a população estimada desses bairros em 2010 é de 54.241 pessoas.

Quadro 1 – População residente nos bairros afetados

Nome do bairro	População	Nº de Domicílios
Alto dos Pinheiros	3191	999
João Pinheiro	9640	3328
Oeste	3796	1246
Vila Oeste	1339	421
Nova Gameleira	9478	3168
Santa Maria	7075	2116
Jardinópolis	1728	584
Total	54241	11862

Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2020b

Com base nas informações sobre o zoneamento do município disponível no site BH Maps, a região analisada é composta pelos seguintes zoneamentos: Zona de Proteção Ambiental (ZPAM), Zona de Proteção 1 (ZP1), Zona de Especial Interesse Social (ZEIS1), Zona de Grandes Equipamentos (ZE), Zona de Adensamento Restrito (ZAR2), Zona de Adensamento Preferencial (ZAP) e uma área sem definição.

No entanto, como pode ser visto no quadro a seguir, apesar da multiplicidade de tipos de zonas, a região tem sua área ocupada por três tipos, que se destacam: zonas de adensamento restrito, vias destinadas ao tráfego de veículos e zona de grandes equipamentos.

Quadro 2 – Concentração dos tipos de zonas na área estudada

Zonas		Quant.	Área (m²)	%
IZ	Indefinição de zoneamento	1	3.837,76	0,10%
ZPAM	Zona de proteção ambiental	1	5.637,21	0,14%
ZP1	Zona de proteção 1	3	66.708,50	1,66%
ZAP	Zona de adensamento preferencial	22	251.391,00	6,26%
ZEIS1	Zona de especial interesse social	6	300.433,00	7,48%
ZE	Zona de grandes equipamentos	30	553.882,00	13,79%
—	Arruamento	—	605.316,73	15,07%
ZAR2	Zona de adensamento restrito	174	1.787.206,20	44,49%
		63	4.016.777,732	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme PBH (2020a), as zonas de adensamento restrito são aquelas, em razão de características topográficas, infraestrutura ou viária, que exigem restrição de ocupação; já a zona de grande equipamento é aquela ocupada ou destinada a usos relacionados à estrutura urbana. Quando somadas, as duas áreas correspondem a quase a 60% do território estudado. A terceira área com maior percentual de ocupação é toda aquela ocupada pelas ruas e demais vias de trânsito.

Pela análise da microbacia feita, foram obtidos os seguintes resultados:

Quadro 3 – Caracterização física da microbacia

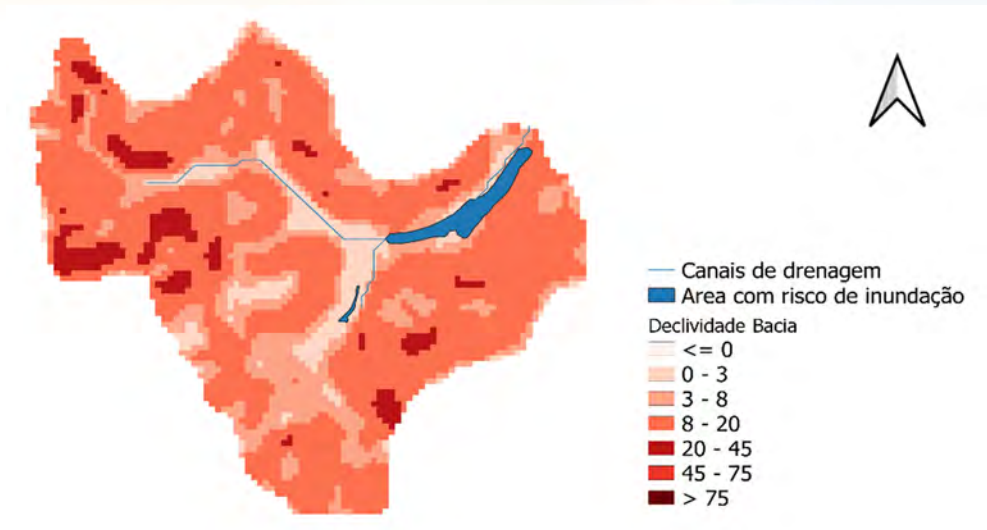
Caracterização física de bacias hidrográficas		
Quanto à Forma	Área total (m²)	4.016.777,732
	Perímetro (m)	9.829,073
	Comprimento axial a bacia (La)	2.527,790
	Coefficiente de compacidade (Kc)	1,373
	Fator de forma (Kf)	0,543
	Índice de circularidade (IC)	0,523
Características de Relevo	Orientação	W-L
	Altitude mínima (m)	866,113
	Altitude média (m)	912,910
	Altitude máxima (m)	978,779
	Amplitude altimétrica da bacia	112,667
	Declividade mínima (%)	0,017
	Declividade média (%)	11,054
	Declividade máxima (%)	29,778
Características da Rede de Drenagem	Declividade média do curso d'água principal (m/m)	0,040
	Número de ordens de cursos d'água	2,000
	Comprimento do curso d'água principal (m)	2.790,621
	Comprimento total dos cursos d'água (m)	3.202,321
	Densidade de drenagem	0,001

Fonte: elaborado pelo autor

Considerando as características físicas da microbacia estudada, será feito diagnóstico dela por meio dos resultados obtidos quanto à sua forma, relevo e características da rede de drenagem. A microbacia apresentou um coeficiente de compacidade igual a 1,37 e o fator de forma igual a 0,543, o que representa que possui tendência mediana a grandes enchentes conforme parâmetros apresentados por Silva e Mello (2020).

Tendo em vista a amplitude altimétrica da área estudada, que corresponde a 112 metros e declividade média de 11%, que indica que há uma elevação média de 11 metros a cada 100 metros caminhados, é identificado que existe uma declividade representativa da área, o que pode contribuir para a ocorrência de picos de inundação.

Figura 2 – Caracterização da microbacia



Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando o índice de densidade de drenagem obtido igual a 0,79 e os parâmetros apresentados por Silva e Mello (2008), considera-se a área estudada com o sistema de drenagem regular.

Com base na Figura 2, percebe-se que a área de inundação fica na região mais baixa da microbacia que, aliada ao fato de ser uma via de tráfego rápido de veículos com grande impermeabilização, possíveis problemas na drenagem aliados à expansão urbana podem ser fatores causadores das inundações locais.

Visando melhor compreensão dos efeitos das chuvas na área, serão utilizados os parâmetros estabelecidos pelo método *Soil Conservation Service – SCS – Curve Number*, modelo de ampla utilização para simulações em projetos hidráulicos. Ele é do tipo determinístico e relaciona as projeções de precipitação e de vazão com fins de identificar os valores estimados para escoamento superficial da água.

Tabela 1 – Valores de CN para diferentes tipos de ocupação urbana

Uso do solo		Tipo de Solo			
		A	B	C	D
Espaços abertos:					
Matos ou gramas cobrem 75% ou mais da área		39	61	74	80
Matos cobrem 50 a 75% da área		49	69	79	77
Áreas comerciais (85% impermeáveis)		89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeáveis)		81	88	91	93
Áreas residenciais					
tamanho do lote (m²)	área impermeável (%)				
< 500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parques, estacionamentos, telhados e viadutos		98	98	98	98
Arruamentos e estradas:					
Asfaltadas e com drenagem pluvial		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

Fonte: Pompermayer, 2013, p. 23

Com base nos valores apresentados pela tabela acima e nas características de zoneamento definidas em PBH (2020), foi elaborada a tabela abaixo para o caso da área da microbacia analisada.

Tabela 2 – Valores de CN de acordo com o zoneamento da área estudada

Zonas		Quant.	Área (m²)	CN
ZPAM	Zona de proteção ambiental	1	5.637,21	80
ZP1	Zona de proteção 1	3	66.708,50	80
ZEIS1	Zona de especial interesse social	6	300.433,00	92
ZE	Zona de grandes equipamentos	30	553.882,00	93
ZAR2	Zona de adensamento restrito	174	1.787.206,20	92
ZAP	Zona de adensamento preferencial	22	251.391,00	92
IZ	Indefinição de zoneamento	1	3.837,76	98
	Arruamento	—	605.316,73	98
		237	4.016.777,732	93,492

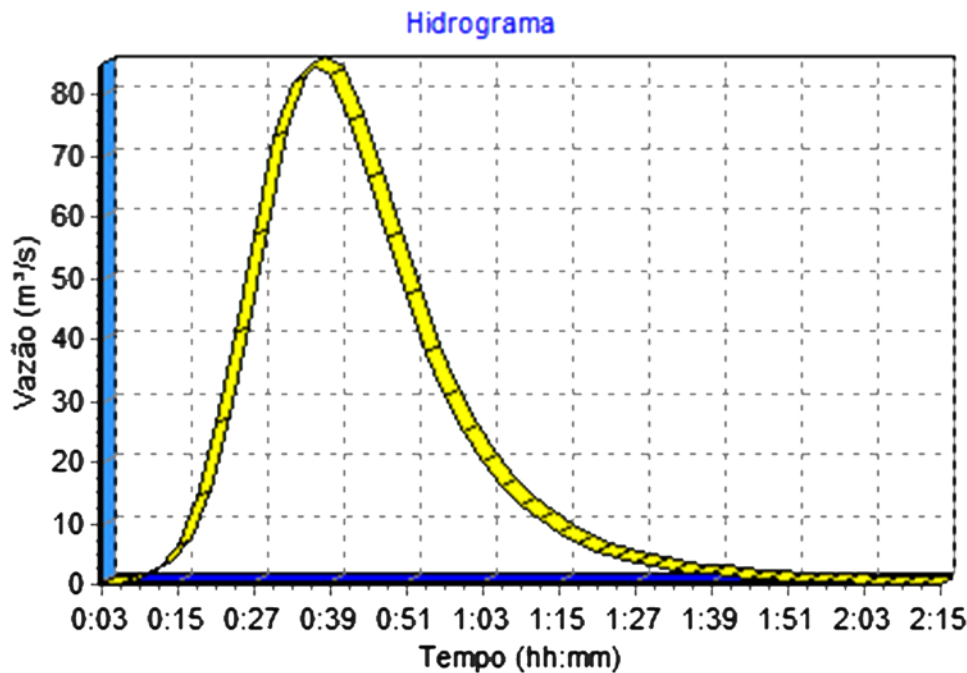
Fonte: elaborado pelo autor

Com o auxílio do *software* ABC 6 e considerando os valores da área compreendida pela microbacia aliados à declividade e ao comprimento do canal principal e demais variáveis necessárias para o cálculo do tempo de concentração, chegou-se ao valor de 30 minutos. Ele representa o quanto será necessário para que toda a água escoada superficialmente chegue ao canal principal.

Para o cálculo, foi considerado o tempo de retorno de 50 anos e uma precipitação acumulada de 112 mm/h, a qual é bem elevada, quando considerada a média de chuvas mensal do município de 231 mm por mês ao longo do ano do período de chuvas compreendido entre outubro e fevereiro (CLIMATEMPO, 2020).

Com os dados acima indicados, foi obtido o hidrograma representado na figura abaixo, o qual apresenta o pico de vazão aos 36 minutos com 85,05 m³/segundo.

Gráfico 2 – Hidrograma da microbacia sem emprego de técnicas compensatórias



Fonte: elaborado pelo autor

Fundamentado nas características citadas, foram identificados os seguintes pontos de atenção visando à construção de um cenário e à descrição das possíveis consequências de inundações na área estudada:

- ▶ A área com risco de inundação está localizada em uma importante via de ligação entre os municípios de Belo Horizonte e Contagem. Em caso de chuvas, será necessário desviar o trânsito para outros locais, o que pode provocar grandes engarrafamentos.
- ▶ A área com risco de inundação está localizada próxima à linha de metrô. Caso não sejam tomadas providências e os efeitos sejam potencializados, as chuvas poderão provocar a interrupção da única linha de metrô da capital.
- ▶ Por ser via de ligação, possui grande circulação de carros. Ocorrendo chuva, caso não seja feito isolamento da via de forma antecipada, há um risco para quem estiver em veículos no local.
- ▶ Os moradores não são afetados diretamente pelo evento caso não estejam nos locais de inundação.
- ▶ O tempo de concentração é baixo o que exige uma resposta rápida para isolamento das vias e retirada das pessoas da área de risco.

2.2 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM

As técnicas compensatórias de drenagem são ações estruturais realizadas tanto nas residências como na infraestrutura urbana visando mitigar os problemas relacionados à urbanização e às chuvas pela potencialização do volume de água que será retido ou infiltrará reduzindo aquele que deverá ser escoado superficialmente (PONTES et al., 2018).

Martins (2017) destaca que a metodologia utilizada para a construção e a expansão dos sistemas de drenagem no Brasil baseadas em criar canais que visam escoar as águas pluviais o mais rápido possível para fora da bacia hidrográfica juntamente com a falta de planejamento urbano para a expansão das cidades promoveram o atual cenário ocasionado pelos problemas relacionados a chuvas nos grandes centros urbanos.

Dessa forma, nas cidades já consolidadas, as técnicas sustentáveis ou compensatórias são o principal caminho para a mitigação dos impactos provocados pelas chuvas. Conforme dito anteriormente, na impossibilidade de alterar a estrutura urbana já construída, elas visam reduzir o volume de águas das chuvas, que deve ser escoado pelos sistemas de drenagem instalados, aumentando as taxas de retenção ou infiltração no solo.

Martins (2017) classifica as medidas compensatórias segundo o local no qual é instalado diante caminhamento do sistema de drenagem, sendo elas: as de controle na fonte, lineares e centralizadas. A primeira consiste na utilização de técnicas que reterão o volume de água nas edificações ou áreas evitando que ele chegue ao sistema público. Já as lineares são as instaladas ao longo do caminhamento da água nas infraestruturas urbanas. E os centralizados são aqueles instalados nos locais que irão receber o fluxo de diversos canais.

De forma mais objetiva Pontes et al. (2018) destaca as seguintes técnicas:

- ▶ Bacia de detenção
- ▶ Pavimentos permeáveis
- ▶ Telhados armazenadores
- ▶ Trincheiras drenantes
- ▶ Valas e valetas de infiltração

As bacias de detenção são áreas construídas com o objetivo de armazenar temporariamente a água das chuvas provenientes do escoamento superficial de diversas áreas. Ponto negativo é que, para sua construção, são necessárias grandes áreas abertas que estejam em local estratégico para caminhamento das chuvas (PONTES et al., 2018).

Os pavimentos permeáveis são estruturas construídas com materiais que permitem a infiltração da água das chuvas. Como pontos positivos de sua instalação, são destacados: diminuição da vazão drenada superficialmente, melhoria da qualidade da água e aumento do volume de água que chegará ao lençol freático (PONTES et al., 2018).

Já quando o telhado das edificações é transformado e tenta reproduzir um solo comum com vegetação pela instalação de camadas de isolamento, impermeabilização, drenagem, filtragem, substrato e vegetação, são empregadas as técnicas de telhado armazenador ou verdes. Como ponto positivo, encontra-se o fato que essas soluções podem ser realizadas tanto nas antigas quanto nas novas edificações. Já como ponto negativo encontra-se o alto custo de instalação (PONTES et al., 2018).

As trincheiras drenantes são estruturas que podem ser instaladas sob a superfície ou a uma profundidade de até 3,70 metros com comprimento superior à largura que visam absorver a água das chuvas. Já as valas ou valetas são as estruturas construídas por simples escavações que visam recolher e armazenar temporariamente a água das chuvas (PONTES et al., 2018).

Diante da situação da área, em que a micro bacia analisada está situada, serão feitas simulações com base no emprego de duas técnicas compensatórias: os telhados verdes e o pavimento permeável.

Para a simulação do emprego da primeira técnica, foi considerada a hipótese de contribuição com a instalação dela em todas as edificações que possuam mais de 100 metros de quadrados de área de cobertura. Tal critério foi utilizado tendo como base a relação de custo-benefício de instalação.

Com base nesses critérios, chegou-se à existência de 3872 edificações que podem instalar telhado verde somando à área total dessa técnica de 916.082 m².

Figura 3 – Edificações com telhado verde – simulação



Fonte: elaborado pelo autor

Para a construção da hipótese do emprego da segunda técnica de instalação de pavimentos permeáveis, foram consideradas o tipo das vias, sendo identificada como possível de implantação naquelas classificadas como locais e coletoras. Para o cálculo, foram excluídas as vias de ligação e vias arteriais. Isso porque as duas possuem trânsito grande de veículos com velocidade elevada.

Figura 4 – Vias com pavimentação permeável – simulação



Fonte: elaborado pelo autor

Com o emprego do *software* de geoprocessamento, foi constatado que em 705 vias poderiam ser instalados os pavimentos permeáveis, totalizando uma área de 546.422, 33 m². Foi considerada a largura média das ruas de 9,5 m e o comprimento total das vias de 57.518,14 m.

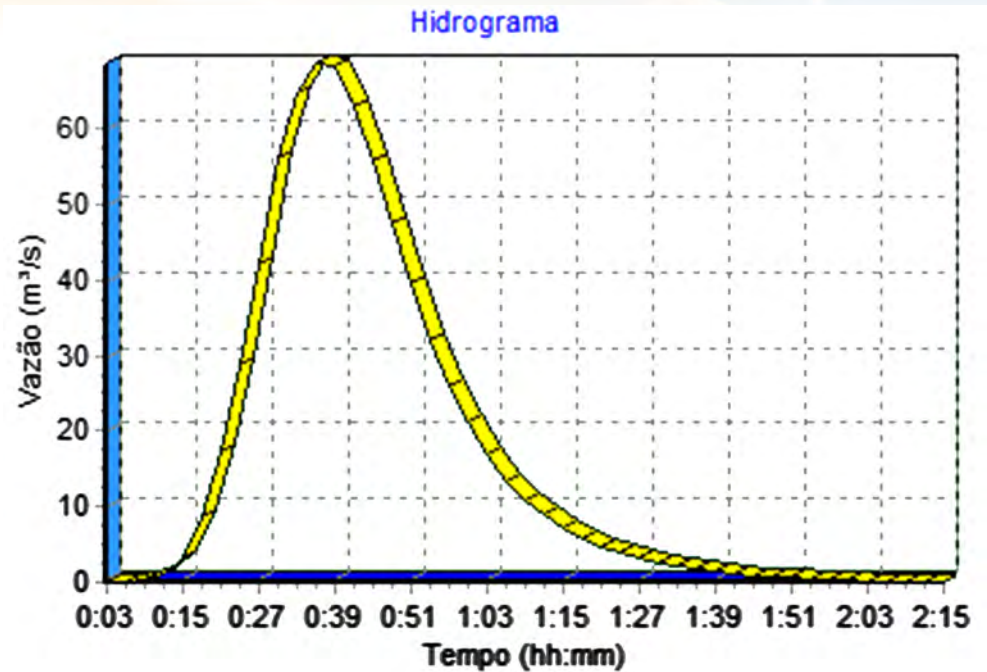
Tabela 3 – Valores de CN com o emprego de técnicas compensatórias

Nome do bairro	Quant.	Área (m²)	CN
Telhado verde	3872	916.082,00	85
Pavimento permeável	705	546.422,40	85
Sem técnica	—	2.554.273,40	93,492
	4623	4.016.777,732	90,400

Fonte: elaborado pelo autor

Com base nos critérios de emprego das técnicas compensatórias acima relacionados, foi obtido novo hidrograma para comparar a efetividade das ações dentro da área analisada. Para cálculo do valor de CN, foi utilizada a Tabela 1 como referência, no entanto foi considerado o tipo de solo B, e não D. Isso porque as técnicas compensatórias estudadas aumentariam a permeabilidade e infiltração de água no solo.

Gráfico 3 – Hidrograma da microbacia com emprego de técnicas compensatórias



Fonte: elaborado pelo autor

Pode ser visto que o emprego das técnicas compensatórias, mesmo em área pequena, que representa 36% da área total da bacia trouxe resultados bem expressivos em termos de vazão. Aos 36 minutos, quando identificado o pico, haverá a necessidade de escoamento de 68,69 m³/segundo. Esse valor representa uma redução de 16,36 m³/segundo de vazão no mesmo intervalo de tempo.

CONCLUSÃO

As inundações são fenômenos que ocorrem quando a água dos córregos, dos rios e dos canais ou galeria pluviais extravasa de sua calha natural e passa a ocupar áreas próximas (TUCCI, 2003). Tais eventos têm se tornado recorrentes e cada dia têm afetado a rotina das cidades sendo por motivos diversos, como a falta ou carência das práticas de planejamento urbano (CÔRTEZ, 2009).

Diante de tal problema, este artigo objetivou a identificação e a caracterização de uma microbacia com risco de inundação situada no município de Belo Horizonte e a análise dos resultados da possível instalação das técnicas compensatórias de telhado verde e pavimento permeável na área.

Pode ser visto que a área da microbacia é composta em grande parte por zonas de adensamento restrito, zona de grande equipamento e por ruas e vias de trânsito de veículos. A ocorrência de inundações pode estar relacionada à declividade do terreno aliada ao nível de impermeabilização do solo visto que o índice de drenagem indica que o sistema de drenagem é regular e tanto o coeficiente de compacidade como o fator de forma indicam uma tendência mediana a grandes enchentes.

Para a simulação, foi feita a caracterização da microbacia e os dados processados por meio do QGIS e sistema ABC 6. Com a construção dos hidrogramas das duas situações, os resultados foram comparados.

Dessa forma, foi percebido que a utilização das técnicas compensatórias citadas acima na área analisada possibilitaria a redução de 16,36 m³/segundo no momento de pico para os sistemas de drenagem existentes. Essa diferença representa uma diminuição de aproximadamente a 20% quando comparada a vazão atual.

Como citado ao longo do texto, a área compreendida pelo microbacia possui diversas vias de ligação importantes com grande tráfego de veículos. Conforme visto no Quadro 1, grande parte da área é destinada às zonas de adensamento restrito, zona de grandes equipamentos e arruamento. Assim, percebe-se que não há intenção da promoção da expansão de residências na área. O que, porém, não pode garantir que não haja a ocupação de áreas de forma irregular.

No entanto, a comparação dos valores dos hidrogramas das duas situações possibilitou a compreensão sobre a eficiência das técnicas compensatórias e como elas podem fazer a diferença na realidade das cidades a um custo relativamente baixo quando comparadas a obras para remanejamento de residências e expansão dos sistemas de drenagem.

Nesse sentido, as medidas compensatórias podem representar se adotadas como políticas públicas um grande diferencial para mitigação dos efeitos das chuvas nos municípios mineiros.

Por fim, destaca-se que o artigo, conforme destacado na metodologia, apresenta limitações. Para que a solução fosse aplicada ao território, há a necessidade de estudos complementares e projetos de engenharia para instalação das medidas compensatórias. No entanto, em seu aspecto primário, ele conseguiu demonstrar possibilidades de tratamento para riscos atuais pela promoção de ações técnicas de gestão do risco de desastres.

REFERÊNCIAS

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil. **Plano de Contingência 2019/2020 para enfrentamento de desastres em Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2019.

BELO HORIZONTE. **Lei Municipal nº 11.181, de 8 de agosto de 2019**. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências, 2019.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. **Gestão de Desastres e Ações Recuperação**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Minimização de Desastres. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: apostila do aluno**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

CÔRTEZ, Jussaña Milograna. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. Orientador: Néstor Aldo Campana. Co-orientador: Márcio Benedito Batista. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Belo Horizonte**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/107/belohorizonte-mg>>. Acesso em: 29 nov. 2020.

ESCRITÓRIO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRE (UNISDR). **Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores públicos ONU**. Genebra: Nações Unidas, 2012.

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL DE REDUÇÃO DE DESASTRES (EIRD). **Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres**. Genebra, Suíça: Nações Unidas, 2009.

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL DE REDUÇÃO DE DESASTRES (EIRD). **Vivir con el riesgo: informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres**. Genebra, Suíça: Nações Unidas, 2004.

GABINETE MILITAR DO GOVERNADOR. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. **Plano de Emergência Pluviométrica 2020/2021**. Minas Gerais: GMG, 2020.

MARTINS, Leandro Guimarães Bais. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas**. Orientador: Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão. Dissertação (Doutorado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

POMPERMAYER, Rafael do Carmo. **Modelagem hidrológica técnicas de geoprocessamento aplicadas ao modelo SCS – SoilConservation Service – Curve Number**. Orientadora: Professora Dra. Maria Márcia Magela Machado. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2013.

PONTES, Bárbara Santana et al. **Modelagem hidrológica com o uso de infraestrutura verdes: estudo de caso para a Bacia do Córrego Ressaca, situada no município de Belo Horizonte**. Orientadora: Prof. Dra. Aline de Araújo Nunes. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2018.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Secretaria Municipal de Serviços Urbanos. **Manual Técnico Aplicado a Edificações**, 2020a. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/smaru/Manual_Tecnico_Edificacoes/Manual_Tecnico_Edificacoes_05_09_11.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **BH Map**, 2020b. Disponível: <<http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=4&lat=7796893.0925&lon=609250.9075&base-layer=base>>. Acesso em: 21 out. 2020.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Federal de Lavras, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Gestão de riscos de desastres / texto** Janaina Rocha Furtado. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012.

TUCCI, C.E M.; BERTONI, J.C. (2003) (orgs.) **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Ed. Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.