

**Análise de eventos de inundação na sub-bacia do córrego Carneirinhos, João
Monlevade, Minas Gerais**

Analysis of flood events in sub-basin Carneirinhos, João Monlevade, Minas Gerais

**Análisis de eventos de inundación en la sub-cuenca córrego Carneirinhos, João
Monlevade, Minas Gerais**

Recebido: 31/03/2020 | Revisado: 01/04/2020 | Aceito: 03/04/2020 | Publicado: 13/04/2020

Josiano Josiel Rodrigues Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0618-5926>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: josianojosiel@hotmail.com

Gisely de Assis Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9080-1538>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: giselyassis25@gmail.com

Roberto César de Almeida Monte-Mor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3158-6967>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: rmontemor@unifei.edu.br

Ana Carolina Vasques Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2633-2607>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: ana.freitas@unifei.edu.br

Fernando Neves Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4801-544X>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: lima.fernando@unifei.edu.br

Resumo

Desde a década de 1940 o número de pessoas que vivem nas cidades brasileiras dobrou, sendo que na maior parte delas o processo de crescimento ocorreu de modo desordenado, resultando em problemas socioambientais, inclusive inundações e deslizamentos de encostas nos períodos chuvosos. João Monlevade é um município mineiro que apresenta um histórico de

desastres decorrentes de eventos hidrológicos extremos, assim, este estudo objetiva analisar os eventos de inundação registrados na sub-bacia do córrego Carneirinhos, seus respectivos impactos, bem como os sistemas meteorológicos atuantes no período de ocorrência. Primeiramente foi realizada a delimitação e caracterização da área de estudo, procedeu-se a coleta dos dados relacionados à série histórica dos eventos de inundações ocorridos na sub-bacia entre os anos de 1969 a 2020. Em seguida, identificaram-se os sistemas meteorológicos atuantes nas datas dos eventos. Pode-se constatar que o córrego Carneirinhos registrou 14 eventos de inundação que estão associados, principalmente, com a Zona de Convergência do Atlântico Sul ou com Zonas de Convergência de Umidade. Alguns possíveis fatores que podem justificar a ocorrência destes eventos são as alterações nos padrões hidrológicos devido às mudanças climáticas, a canalização do córrego, possíveis falhas no dimensionamento do projeto do sistema de drenagem da bacia, e/ou a combinação de todos estes fatores. Por fim, recomenda-se que sejam realizados estudos que avaliem o sistema de drenagem atual do município abordando o dimensionamento das galerias existentes frente às mudanças climáticas futuras, uma vez que alguns estudos apontam para um aumento na frequência dos eventos de inundação.

Palavras-chave: Precipitação; Inundações urbanas; Sistemas meteorológicos.

Abstract

Since the 1940s, the number of people living in Brazilian cities doubled, however, the process of cities growth has occurred in a disordered manner, resulting in several socio-environmental problems, mainly during the rainy season, when the events of floods and landslides are more frequent. João Monlevade is a municipality in Minas Gerais that has a history of disasters. Thus, this study aims to analyze the flooding events recorded in the Carneirinhos sub-basin, located in João Monlevade, Minas Gerais state, their impacts, as well as the meteorological systems acting in the occurrence period. Firstly, the study area was delimited and characterized, data collection related to the historical series of flood events that occurred in the hydrographic sub-basin of the Carneirinhos stream, during the period from 1969 to 2020, was carried out. Secondly, the meteorological systems acting on the event data were identified. From the results obtained, it is possible to verify that Carneirinhos stream recorded 14 flood events according to the management organizations of the municipality. These events are mainly associated with the South Atlantic Convergence Zone or with Humidity Convergence Zones. Some possible factors that may justify an occurrence of these events are changes in hydrological patterns due to climate change, the stream's canalization, possible

flaws in the design of the basin drainage system design, and / or a combination of all these factors. Finally, it is recommended that studies be carried out on the current drainage system in the municipality, addressing the dimensioning of the existent galleries to face future changes, since some studies point to an increase in the frequency of flood events.

Keywords: Precipitation; Urban floods; Meteorological Systems.

Resumen

Desde la década de 1940, el número de personas que viven en ciudades brasileñas se ha duplicado, sin embargo, el proceso de crecimiento de las ciudades se ha producido de manera desordenada, lo que resulta en varios problemas socioambientales, especialmente durante la temporada de lluvias, en las que se producen inundaciones y deslizamientos de tierra. Son más frecuentes. João Monlevade es un municipio en Minas Gerais que tiene una historia de desastres debido a eventos hidrológicos extremos. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo analizar los eventos de inundación registrados en la subcuenca del arroyo Carneirinhos, ubicado en João Monlevade, Minas Gerais, sus respectivos impactos, así como los sistemas meteorológicos que operan en el período de ocurrencia. En primer lugar, el área de estudio se delimitó y caracterizó, se procedió a la recopilación de datos relacionados con la serie histórica de eventos de inundación que ocurrieron en la subcuenca hidrográfica de la corriente Carneirinhos, durante el período de 1969 a 2020. Si los sistemas meteorológicos funcionan en las fechas de los eventos. De los resultados obtenidos, se puede ver que la corriente de Carneirinhos registró 14 eventos de inundación. Estos eventos se asocian principalmente con la zona de convergencia del Atlántico sur o con las zonas de convergencia de humedad. Algunos posibles factores que pueden justificar la ocurrencia de estos eventos son los cambios en los patrones hidrológicos debido a los cambios climáticos, la canalización de la corriente, posibles fallas en el diseño del sistema de drenaje de la cuenca y / o la combinación de todos estos factores. Finalmente, se recomienda que se realicen estudios para evaluar el sistema de drenaje actual en el municipio, abordando el dimensionamiento de las galerías existentes ante futuros cambios climáticos, ya que algunos estudios apuntan a un aumento en la frecuencia de las inundaciones.

Palabras clave: Precipitación; Inundaciones urbanas; Sistemas meteorológicos.

1. Introdução

A Organização das Nações Unidas [ONU] (United Nations, 2018) observou que, em 2018, cerca de 55,3% da população mundial vivia em áreas urbanas. Pela primeira vez na história da humanidade, mais da metade da população do mundo agora vive em áreas urbanas. Espera-se que esse valor aumente ainda mais para 70% em 2050 (Jha et al., 2012).

Em 2018, no Brasil, cerca de 87% dos 211 milhões de pessoas residiam em áreas urbanas (United Nations, 2018). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2019), no Brasil o número de pessoas que vivem nas cidades dobrou desde a década de 1940. O processo de crescimento das cidades brasileiras ocorreu de modo desordenado, resultando em diversos problemas ambientais, principalmente durante o período das chuvas, quando os eventos de inundações e deslizamentos de encostas são mais frequentes (Moreira, 2014).

O papel hidrológico de uma bacia hidrográfica vem sendo constantemente estudado devido à necessidade de gerenciar melhor os recursos hídricos disponíveis, considerando o crescimento populacional urbano e suas demandas. Os estudos com foco em bacias hidrográficas são um meio para um fim, e o fim em hidrologia é frequentemente uma melhor compreensão e capacidade de previsão dos sistemas hidrológicos regionais em questão (Pomeroy et al., 2005).

No passado, as principais razões para não simular processos físicos eram o conhecimento incompleto dos fenômenos naturais, poder computacional limitado e falta de dados consistentes (Salvadore et al., 2015). Embora os dois primeiros pontos tenham sido parcialmente resolvidos nas últimas décadas, dados limitados ainda representam uma questão importante para os modelos atuais. Atualmente, Fletcher et al. (2013) observaram que ocorreram avanços significativos na medição e previsão de chuvas urbanas, com o uso de radares e o desenvolvimento de modelos de chuvas para aplicação em modelos urbanos de chuva-vazão.

Em muitas partes do mundo, as bacias hidrográficas não são monitoradas, principalmente nos países em desenvolvimento (Fletcher et al., 2013). Niemczynowicz (1999) considerou a variável chuva como o fator mais sensível da hidrologia urbana, devido à falta de dados de precipitação suficientemente representativos. Contudo, Diakakis (2016) verificou que registros históricos de inundações podem ser usados para o estudo do risco destes eventos e para aprimorar o conhecimento acerca dos extremos hidrológicos.

Para Salvadore et al. (2015), a avaliação da chuva em escalas de captações

urbanizadas é um pré-requisito para a previsão precisa ou avaliação da resposta da chuva urbana ao escoamento superficial.

Os sistemas de drenagem urbana são construídos para fornecer capacidades de carga e de transporte a uma frequência desejada, de modo a evitar enchentes urbanas. No entanto, Zhou et al. (2018) observaram que os projetos de sistemas de drenagem são frequentemente baseados em estatísticas históricas de precipitação para um determinado período de tempo, sem considerar as possíveis mudanças nos extremos de precipitação para os períodos de retorno projetados.

Hettiarachchi et al. (2018) verificaram que os eventos climáticos extremos estão ocorrendo com mais frequência atualmente, e em áreas que não tiveram a ocorrência desses eventos no passado. Para esses autores existem mais regiões terrestres onde o número de eventos de chuvas intensas aumentou, em comparação com o local em que diminuíram.

As inundações resultam de uma combinação de extremos meteorológicos e hidrológicos (Saito, 2013). São um dos desastres mais perigosos e frequentes nas áreas urbanas e podem causar enormes impactos na economia, meio ambiente, infraestrutura da cidade e sociedade.

Para (Tucci, 2007) os prejuízos e/ou danos causados pelas inundações podem ser classificados como mensuráveis e intangíveis. Os danos mensuráveis são aqueles passíveis de reparação em forma financeira, como nos casos de perdas materiais, veículos, móveis e equipamentos eletrônicos, entre outros. Já os danos intangíveis são aqueles em que é impossível a reparação.

De acordo com a Emergency Events Database [EM-DAT] (Emergency Events Database, 2019) em 2018, 34,2 milhões de pessoas foram afetadas por inundações no mundo e as perdas totais excederam 19,7 bilhões de dólares. No Brasil, no mesmo período, 1.250 pessoas foram afetadas e as perdas foram de 53 milhões de dólares [EM-DAT] (Emergency Events Database, 2020).

No mês de janeiro de 2020, a região Sudeste do Brasil, especialmente a região central do estado de Minas Gerais, que inclui a Região Metropolitana de Belo Horizonte, sofreu grandes impactos com as chuvas intensas, sendo observado na cidade de Belo Horizonte um total precipitado de 935,2 mm no mês, sendo este o maior acumulado mensal desde a abertura da estação em 1910 [INMET] (Instituto Nacional de Meteorologia, 2019). Por meio do decreto nº 33, de 25 de janeiro de 2020, foi declarada situação de emergência em 47 municípios devido a intensas precipitações que ocorreram no período (Minas Gerais, 2020).

Apesar de não estar incluído entre os municípios mineiros que declararam situação de

emergência em 2020, João Monlevade, que se localiza na região central do estado, vivencia anualmente inundações, que geram perdas financeiras, materiais e, em casos extremos, de vidas humanas. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo analisar os eventos de inundação registrados na sub-bacia do córrego Carneirinhos, localizada em João Monlevade, seus respectivos impactos, bem como os sistemas meteorológicos atuantes no período de ocorrência dos eventos.

2. Metodologia

O presente trabalho possui característica exploratória, pois tem como objetivo proporcionar uma maior familiaridade com a situação-problema (Gil, 2008) existente na realidade da sub-bacia do córrego Carneirinhos no município de João Monlevade, fornecendo dados que possam subsidiar estudos mais aprofundados sobre esta temática.

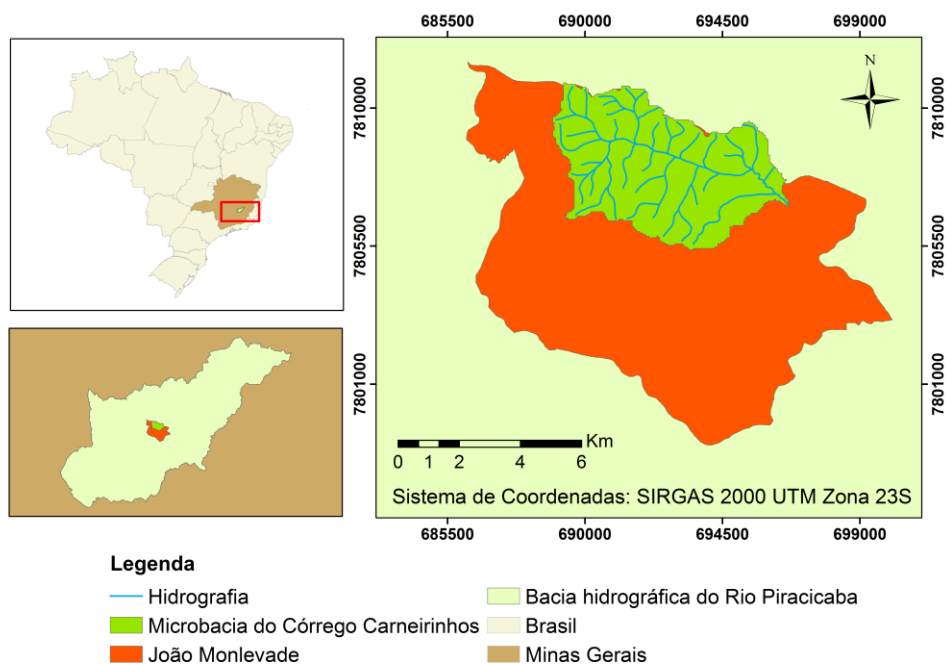
Empregou-se o método do estudo de caso na cidade de João Monlevade, escolhido por estar localizada no estado de Minas Gerais, região onde as previsões climáticas apontam para um aumento na ocorrência de eventos hidrológicos extremos (Reis et al 2016).

Para a realização deste estudo, foi realizada a delimitação e caracterização da área de estudo, posteriormente realizou-se a coleta dos dados relacionados à série histórica dos eventos de inundações ocorridos na sub-bacia hidrográfica do córrego Carneirinhos, durante o período de 1969 a 2020, bem como a caracterização dos sistemas meteorológicos atuantes na região no período dos eventos de inundação.

2.1 Localização e caracterização da Área de Estudo

João Monlevade localiza-se no Centro Leste de Minas Gerais, sob as coordenadas geográficas Latitude 19° 50' 10" S e Longitude 43 ° 07 ' 39 "W, distante cerca de 110 km da capital Belo Horizonte (Figura 1). Seu território é de 99,16 km² e sua população estimada é de 79.910 habitantes, sendo 99% considerada urbana (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2019).

Figura 1: Localização da sub-bacia do córrego Carneirinhos no município de João Monlevade.



Fonte: Autores (2019)

A Figura 1 apresenta a localização da sub-bacia hidrográfica do córrego Carneirinhos, em João Monlevade. O município encontra-se totalmente inserido na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, afluente da bacia hidrográfica do rio Doce (Franco et al., 2016).

Segundo o sistema de classificação de Köppen-Geiger, o clima predominante na região é Cwa, apresentando duas estações bem definidas, com verões quentes e invernos secos, sendo classificado como tropical de altitude, devido à sua altitude média acima de 900 m (Silva et al., 2020). A temperatura média do município varia entre 15,9°C e 29°C e a média anual de precipitação é de aproximadamente 1.442,80 mm, distribuídas entre os meses mais chuvosos, que vão de outubro a março, conforme apresentado na Tabela 1 (Departamento de Água e Esgoto João Monlevade, 2019).

Tabela 1: Dados climatológicos de João Monlevade no período de 1961 a 1990.

Parâmetros	Médias climatológicas entre os anos de 1961 a 1990												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima (°C)	34,8	36	33,6	33	32,6	31,7	31,5	34,6	35,8	37	35,5	34,8	37
Temperatura mínima (°C)	14,8	12	11,7	7,8	8	6,9	6	6,4	9	9,6	10	11,4	6
Precipitação (mm)	245,2	191	163	81,4	26,7	13,2	8,1	10,9	46,7	115,6	212,7	328,3	1442,8

Fonte: Adaptado de Departamento Municipal de Água e Esgotos [DAE] (2019)

A Tabela 1 apresenta que o clima em João Monlevade para o período-base de 1961 a 1990 é caracterizado por verão chuvoso (maior volume em Janeiro) com baixa amplitude térmica (menor em Janeiro) e inverno seco (menor volume em Julho) com alta amplitude térmica (maior em Agosto).

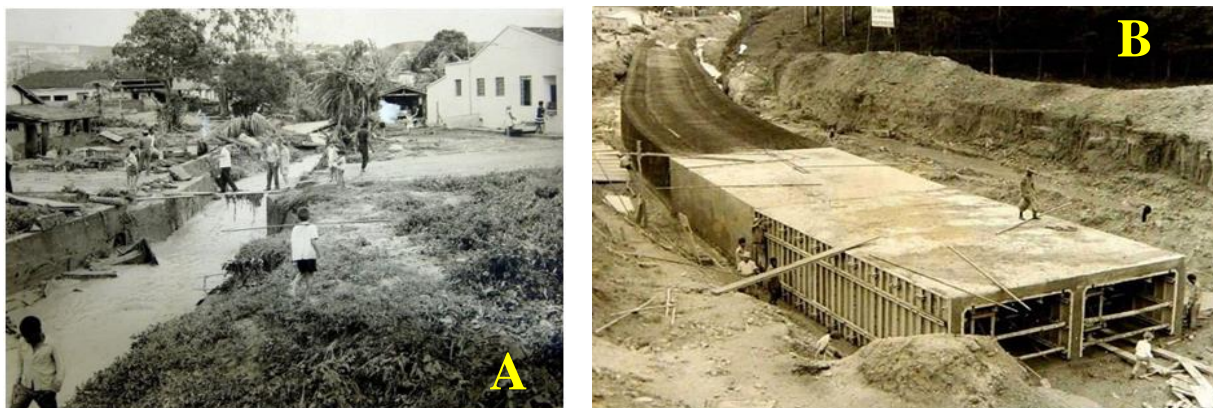
O município de João Monlevade possui 64 bairros que estão distribuídos nas sub-bacias dos córregos Carneirinhos, Jacuí e Santa Bárbara. A área objeto deste estudo é a sub-bacia do córrego Carneirinhos, onde está localizado o centro comercial de João Monlevade.

O córrego Carneirinhos possui aproximadamente 8,95 km de extensão, sendo cerca de 4 km canalizados por duas galerias de concreto, conforme apresentado na Figura 2. Sua nascente situa-se no bairro Encosta das Vertentes e deságua no rio Piracicaba no bairro Capela Branca.

A obra de canalização do córrego Carneirinhos foi executada por meio de uma galeria bicelular confeccionada em concreto armado, com dimensões de 230 cm de largura por 205 cm de altura. A estrutura recebe a contribuição do sistema de microdrenagem de vários bairros do município¹.

¹ Comunicação pessoal – Secretaria de Obras do Município, 2019.

Figura 2: A - Córrego Carneirinhos antes de ser canalizado. B – Obras de canalização do córrego Carneirinhos no início dos anos 1970



Fonte: DAE (2019)

A Figura 2A apresenta um trecho do córrego Carneirinhos antes da sua canalização, onde é possível visualizar a proximidade das residências do curso d'água. Já a Figura 2B, ilustra o processo de canalização do mesmo córrego, após as tempestades ocorridas no final de 1969 e início de 1970.

2.2 Dados dos eventos de inundação na sub-bacia do córrego Carneirinhos

Na falta de dados históricos de inundações, Bayliss e Reed (2001) recomendaram o uso de periódicos, jornais, crônicas, relatórios de especialistas, bancos de dados do governo, fotos, rede mundial de computadores e outras fontes diversas como base de informações para um melhor entendimento sobre o problema.

Desse modo, para o desenvolvimento deste estudo realizou-se um levantamento do número de eventos de inundação registrados em João Monlevade e suas datas de ocorrência. Foram consultados os profissionais e documentos da Secretaria de Obras, Defesa Civil e Departamento Municipal de Água e Esgotos [DAE].

Como complemento foram realizadas pesquisas junto ao Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres [S2iD] (Brasil, 2020), onde foram obtidos dados econômicos referentes às perdas de cada evento extremo registrado no sistema pelo município, além do número de pessoas atingidas.

No portal do S2iD, foi inserido o período de 01/01/1930 a 26/03/2020 e entre os resultados retornados pelo sistema houve uma triagem onde foram selecionados apenas os eventos ocorridos dentro da área da sub-bacia do córrego Carneirinhos. Por fim, foram

consultados sites de notícias a fim de averiguar as reportagens relacionadas aos eventos de inundação no local.

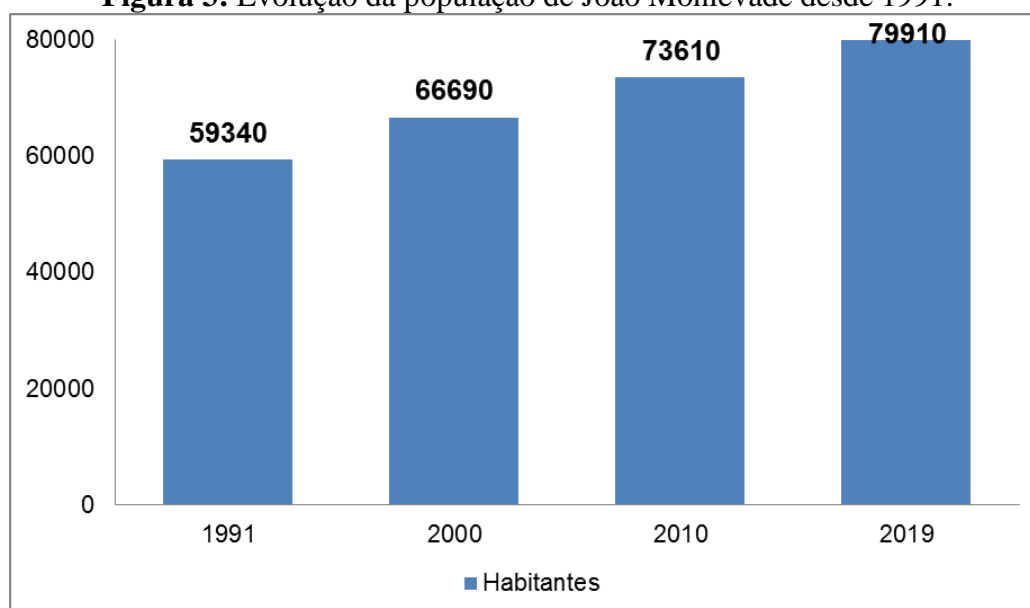
2.3 Levantamento dos sistemas meteorológicos atuantes em João Monlevade

Foi realizado um levantamento dos sistemas meteorológicos atuantes, nas datas dos eventos selecionados, com base nos boletins Climanálise e Infoclima do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos [CPTEC] e Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais [INPE]) e no Boletim Agroclimatológico do Instituto Nacional de Meteorologia [INMET], que são os órgãos de referência na divulgação dessas informações.

3. Resultados e Discussões

De acordo com as informações obtidas junto ao IBGE, João Monlevade apresentou um crescimento médio de 10% a cada década, desde o censo de 1991 (Figura 3), que apresenta a evolução da população a partir dos censos demográficos de 1991, 2000 e 2010 (Sidra: Sistema IBGE de Recuperação, 2020), e da população estimada para o ano de 2019 (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2019).

Figura 3: Evolução da população de João Monlevade desde 1991.



Fonte: Adaptado de IBGE (2019, 2020)

A partir da análise da Figura 3, verifica-se que houve um considerável aumento da taxa de crescimento da população entre os anos analisados, pois em cerca 30 anos houve um aumento populacional de aproximadamente 35%, tomando como base o ano de 1991. Entre os anos de 1991 e 2000 houve uma elevação populacional de 8,6%; entre 2000 e 2010, 10,4% e 12,4% entre os anos de 2010 e 2019. Além disso, o censo de 2010 apresentou que a densidade demográfica do município foi de 742,35 hab/km², sendo a 10^a maior de Minas Gerais.

Essas informações são relevantes para a compreensão da dinâmica do município, pois, quanto maior o número de pessoas vivendo em uma área urbana, maior a transformação no uso e ocupação do solo de sua bacia hidrográfica. A concentração da população em uma área relativamente pequena possibilita o acesso fácil a serviços e transporte. Contudo, segundo o modelo atual de planejamento urbano, a consequência disso é a impermeabilização de grandes áreas urbanas. O crescimento destas áreas, por sua vez, altera o ciclo hidrológico da bacia, ocasionando um aumento na velocidade do escoamento superficial das águas da chuva e redução na taxa de infiltração de água no solo.

Neste contexto, o estudo realizado por Silva et al. (2020) apresentou uma análise sobre o uso e ocupação do solo na sub-bacia do córrego Carneirinhos, João Monlevade, nos anos de 2005, 2016 e 2019. O trabalho apontou que os usos antrópicos do solo prevaleceram sobre o uso natural, que houve um aumento da expansão urbana e que esse crescimento ocorreu nas bordas das áreas ocupadas, não ocorrendo abertura de clareiras ou supressão vegetal em áreas de mata.

Segundo o trabalho, em 2005, o somatório das classes equivalentes aos usos antrópicos (industrial, edificada e de pastagem) foi de 57,6%. Em 2016 e 2019 foi próximo a 58,1%. Isso significa que a maior parte da bacia possui usos que interferem negativamente na permeabilidade da água no solo, dificultando sua infiltração e favorecendo o escoamento superficial e a evaporação, contribuindo para a ampliação do número de eventos de inundação na bacia.

O Quadro 1 foi elaborado após a realização dos levantamentos de dados e informações, os eventos de inundação ocorridos na sub-bacia hidrográfica do córrego Carneirinhos, registrados nos órgãos públicos municipais (Secretaria de Obras, Defesa Civil e DAE), bem como aqueles apresentados pelo S2id e em sites de notícias. Nele foram compilados as datas dos principais eventos, o tipo de perda e os principais sistemas meteorológicos atuantes na região no período de ocorrência.

Quadro 1: Eventos de inundação registrados nos órgãos públicos municipais, portal S2id e em sites de notícias, e respectivos sistemas meteorológicos atuantes.

DATA DO EVENTO	TIPO DA PERDA	SISTEMAS METEOROLÓGICOS ATUANTES	FONTE
01/12/1969	Perdas materiais	Informação não encontrada	Franco et al. (2016); comunicação pessoal (2019)
01/01/1970	Perda de vida humana		Franco et al. (2016); comunicação pessoal (2019)
03/02/1979	Perdas materiais		Serviço Geológico do Brasil (2009); Santos (2019)
06/12/2003	Perdas materiais		Brasil (2020); comunicação pessoal (2019)
22/11/2006	Perdas materiais	Sistemas frontais	Brasil (2020); comunicação pessoal (2019); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2006)
09/11/2009	Perdas de vidas humanas	Convergência de umidade	Brasil (2020); comunicação pessoal (2019); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2009)
29/12/2012	Perdas materiais	Convergência de umidade	Mota (2012); comunicação pessoal (2019); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2012)
05/02/2015	Perdas materiais	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	DeFato Online (2015); comunicação pessoal (2019); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2015)
18/01/2016	Perdas materiais	ZCAS	Comunicação pessoal (2019); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2016)
09/12/2017	Perdas materiais	ZCAS	Diário do Aço (2017); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2017)
04/04/2018	Perdas materiais	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)	Comunicação pessoal (2019); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2018)
18/02/2019	Perdas materiais	ZCAS	Comunicação pessoal (2019); Instituto Nacional de Meteorologia (2019)
08/04/2019	Perdas materiais	ZCOU	Comunicação pessoal (2019); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, (2019)
13/01/2020	Perdas materiais	ZCAS	Via Comercial (2020); Instituto Nacional de Meteorologia (2020)

* Eventos nomeados pela Marinha do Brasil

Fonte: Autor (2020)

Pode-se notar, a partir do Quadro 1, que apresenta os dados registrados e fornecidos pela Defesa Civil do município e na plataforma do S2ID, que o bairro Carneirinhos já sofreu 14 eventos de média a grande proporção de inundações e/ou alagamentos durante o período de 1969 a 2020 (Comunicação pessoal, 2019; Brasil, 2020). Ressalta-se, entretanto, que nem todos os eventos de inundação são registrados junto aos órgãos competentes municipais e no S2ID, desse modo, alguns foram informados por comunicação pessoal ou obtidos junto aos sites de notícia.

Franco et al. (2016) comenta que as inundações mais graves ocorreram nas seguintes datas: 01 de dezembro de 1969, 01 de janeiro de 1970 e 10 de novembro de 2009. Nessas datas, foram registradas vítimas que vieram à óbito devido a um aumento no nível de água escoado pelo córrego Carneirinhos. A última inundação registrada nesta região ocorreu, em 08 de abril de 2019, após um elevado volume de precipitação (G1 MG Globo Notícias, 2017).

Dez dos catorze eventos listados ocorreram no período do verão. Os sistemas meteorológicos atuantes puderam ser identificados em nove eventos, sendo que 55% deles estão associados a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e 20% estão associados a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU).

3.1 Principais eventos de inundação na sub-bacia do córrego Carneirinhos e sistemas meteorológicos atuantes

João Monlevade enfrenta com grande frequência situações de inundações e alagamentos (Franco et al., 2016), sendo que esta situação é considerada corriqueira pelos órgãos competentes (Comunicação pessoal, 2019), pois, desde sua emancipação em 1964 já registrou 14 eventos críticos de inundação na sua área central, sendo o bairro Carneirinhos o mais atingido por essas eventualidades.

Assim, neste tópico serão detalhados os principais eventos de inundação ocorridos na sub-bacia do córrego Carneirinhos, cujo critério de seleção foi a proporção das perdas materiais e de vidas humanas.

3.1.1 As inundações de 1969, 1970 e 1979

As inundações ocorridas entre o final das décadas de 1960 e 1970 foram classificadas pelos gestores públicos municipais como de grande impacto, causando prejuízos financeiros aos cofres públicos e mortes.

O evento de inundação registrado no dia 01 de dezembro de 1969 ocorreu devido a um grande volume de chuva precipitado em um curto intervalo de tempo, sendo que o córrego Carneirinhos não era canalizado na época. Este evento repercutiu de tal forma no município que as verbas destinadas para a construção do Paço Municipal e do Colégio Municipal foram utilizadas para a construção do canal e avenida sanitária Wilson Alvarenga nos anos seguintes (Franco, et al., 2016).

Logo em seguida, em 01 de janeiro de 1970, houve outra severa inundação, onde o córrego Carneirinhos que iniciava seu processo de canalização teve um elevado aumento de sua vazão (Figura 4) provocando um aumento no seu nível d'água que, segundo relatos, ultrapassou 1,80 m acima de seu nível normal.

Figura 4: Córrego Carneirinhos durante inundação de 1970.



Fonte: Araújo (2011)

A Figura 4 apresenta um trecho do córrego Carneirinhos após a inundação de janeiro de 1970. Neste incidente fatal houve o registro de uma morte, além do carreamento de materiais, destroços e sedimentos para as áreas localizadas no entorno do curso d'água (Franco et al., 2016).

A inundação de 03 de fevereiro de 1979 foi resultante de um longo período chuvoso que se estendeu por mais de 30 dias na região da bacia hidrográfica do Rio Doce. Na época, todos os municípios situados na calha do rio Doce sofreram inundações das áreas de planície (Serviço Geológico do Brasil, 2009).

Para os 3 eventos analisados não foram encontrados registros dos sistemas meteorológicos atuantes na literatura e nos portais do CPTEC/INPE e do INMET. No entanto,


sabe-se que os sistemas atmosféricos que atuam na formação da precipitação em Minas Gerais são as frentes frias, a ZCAS, a ZCOU e as chuvas convectivas.

3.1.2 As inundações de 2003, 2006 e 2009

As inundações registradas entre 2003 e 2009 também foram marcadas por prejuízos materiais e perdas de vidas humanas.

De acordo com a Avaliação de Danos (AVADAN), do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC), disponibilizada pelo S2id (Figura 5), no incidente registrado em 06 de dezembro de 2003, ocorreu a precipitação de um elevado volume de chuva, provocando o assoreamento e a elevação dos cursos d'água, deslizamentos parciais de residências, além de vários problemas de rompimento de redes pluviais e de esgoto sanitário.

Figura 5: Formulário enviado ao SINDEC referente ao evento de inundação de 2003.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC																																																						
		AVALIAÇÃO DE DANOS - AVADAN																																																				
1 - Tipificação Código: _____ Denominação: _____		2 - Data de Ocorrência Dia: 06 Mês: 12 Ano: 2003 Horário: 22:00																																																				
3 - Localização UF: MG Município: JOÃO MONLEVADE																																																						
4 - Área Afetada <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de Ocupação</th> <th>Não existe/ Não afetada</th> <th>Urbana</th> <th>Rural</th> <th>Urbana e Rural</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Residencial</td> <td>μ</td> <td>X</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Comercial</td> <td>μ</td> <td>X</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Industrial</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Agrícola</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Pecuária</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Extrativismo Vegetal</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Reserva Florestal ou APA</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Mineração</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> <tr> <td>Turismo e outras</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> <td>μ</td> </tr> </tbody> </table>					Tipo de Ocupação	Não existe/ Não afetada	Urbana	Rural	Urbana e Rural	Residencial	μ	X	μ	μ	Comercial	μ	X	μ	μ	Industrial	μ	μ	μ	μ	Agrícola	μ	μ	μ	μ	Pecuária	μ	μ	μ	μ	Extrativismo Vegetal	μ	μ	μ	μ	Reserva Florestal ou APA	μ	μ	μ	μ	Mineração	μ	μ	μ	μ	Turismo e outras	μ	μ	μ	μ
Tipo de Ocupação	Não existe/ Não afetada	Urbana	Rural	Urbana e Rural																																																		
Residencial	μ	X	μ	μ																																																		
Comercial	μ	X	μ	μ																																																		
Industrial	μ	μ	μ	μ																																																		
Agrícola	μ	μ	μ	μ																																																		
Pecuária	μ	μ	μ	μ																																																		
Extrativismo Vegetal	μ	μ	μ	μ																																																		
Reserva Florestal ou APA	μ	μ	μ	μ																																																		
Mineração	μ	μ	μ	μ																																																		
Turismo e outras	μ	μ	μ	μ																																																		
5 - Causas do Desastre - Descrição do Evento e suas Características Elevada precipitação pluviométrica, provocando assoreamento e elevação dos cursos D'água (enchentes), deslizamentos parciais de residências, destelhamentos, destruição de obras de contenção e pavimentos, rompimento de redes pluviais e esgoto sanitário.																																																						

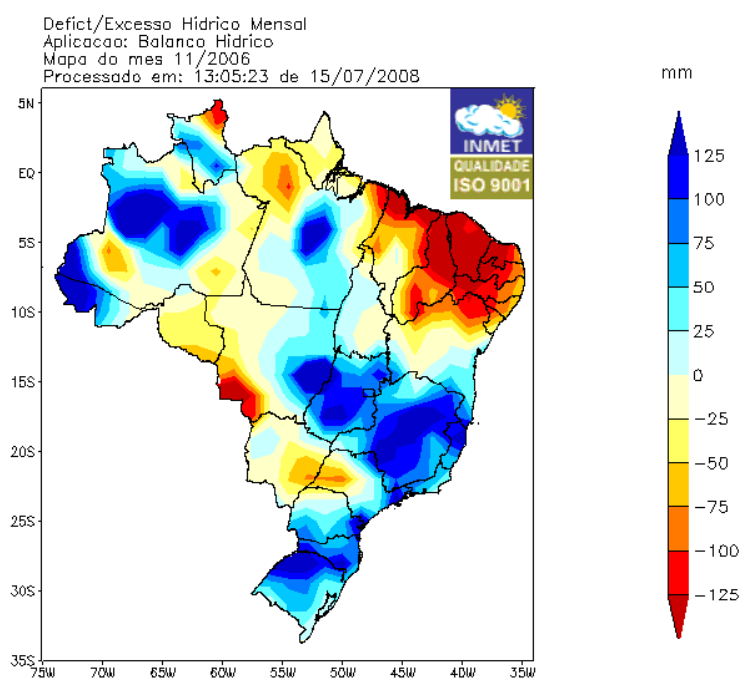


Fonte: Brasil (2020).

A Figura 5 exibe um trecho do formulário AVADAN enviado pela Defesa Civil do município ao SINDEC referente ao evento de inundação de 2003, onde foram atingidos 23 bairros do município. Em Carneirinhos houve a perda de utensílios, ferramentas, móveis de escritório, computadores e documentos dos comerciantes do bairro. Além disso, este evento causou um prejuízo de mais de 430 mil de reais aos cofres públicos e afetou aproximadamente 10.000 pessoas. De acordo com o documento, o evento foi classificado com nível de intensidade médio (Brasil, 2020). Não foram encontrados registros dos sistemas meteorológicos atuantes nesta data.

Segundo o Boletim Agroclimatológico do INMET, o mês de novembro foi marcado pela ocorrência de chuvas intensas em diversas áreas do Brasil. No Sudeste, o Estado de Minas Gerais apresentou elevados totais de precipitação (Figura 6).

Figura 6: Mapa do Balanço Hídrico para o Brasil durante o mês de novembro de 2006.



Fonte: Boletim Agroclimatológico do INMET para 11/2006.

A Figura 6 apresenta o mapa do balanço hídrico para o Brasil, em novembro de 2006, onde fica evidenciado que este mês foi especialmente chuvoso em Minas Gerais, dado que o excesso hídrico foi superior a 50 mm em praticamente todo o estado, porém grande parte ultrapassou 75 mm.

Particularmente, no dia 22 de novembro, ocorreram chuvas torrenciais, que foram responsáveis por deslizamentos de encostas e inundações que invadiram residências e casas

comerciais. De acordo com a Notificação Preliminar de Desastre (NOPRED) que foi enviada ao SINDEC, toda a extensão das avenidas Getúlio Vargas e Wilson Alvarenga, na área central e comercial do município foram atingidas, além de outros 5 bairros. Também foram contabilizadas 5 residências prejudicadas neste incidente (Brasil, 2020).

De acordo com o Boletim de monitoramento e análise climática (Climanálise), nesta data, sistemas frontais atuavam sobre a região, ou seja, houve o encontro de massas de ar com propriedades diferentes provocando a ocorrência de chuvas fortes no local (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2006). Rodrigues et al. (2004) mostraram que as frentes frias se deslocam em média do sudoeste para nordeste ao longo da região sul e sudeste do Brasil, com uma frequência mensal de 3-4 frentes/mês.

A inundação de 09 de novembro de 2009 trouxe consequências trágicas ao município, pois, 03 estudantes foram vítimas fatais da inundação do córrego Carneirinhos. Nesta data, após um elevado volume precipitado em um curto intervalo de tempo, em torno de 2 horas, houve a destruição de vários trechos de vias públicas, ocorreram danos no sistema de esgotamento sanitário que ocasionaram retorno dos efluentes em vias públicas e residências. Duas instituições de saúde tiveram o atendimento prejudicado devido à invasão de águas e lama. Além disso, algumas operadoras de telefonia móvel ficaram sem sinal.

Este acontecimento ocasionou um prejuízo financeiro de mais de 1,3 milhões de reais aos cofres públicos e, até a data de realização deste estudo, foi o último evento registrado que provocou mortes em João Monlevade. A partir do Boletim Climanálise verificou-se que havia uma convergência de umidade sobre a região central do Brasil, que foi a responsável pelo grande volume de chuva precipitado (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2009).

A possibilidade de este cenário ser agravado em um contexto de mudanç as climáticas deve ser o motivador para que os gestores públicos promovam uma readequação do sistema de drenagem do município de João Monlevade/MG e invistam no monitoramento, prevenção e redução da ocorrência destes desastres associados a eventos extremos de precipitação.

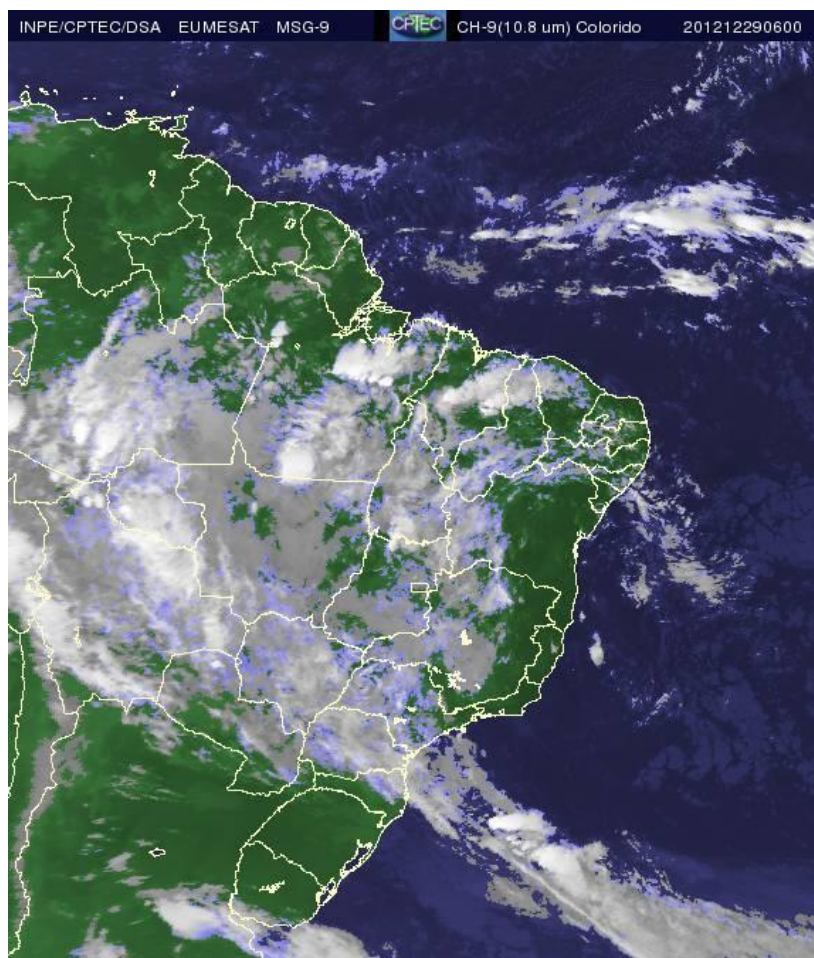
3.1.3 As inundações de 2012 a 2020

As inundações ocorridas nos anos de 2012 e 2015 a 2020 apresentaram prejuízos materiais e financeiros ao município, inclusive na região da sub-bacia do córrego Carneirinhos. Vale salientar que os fatos não foram registrados no SINDEC ou órgãos de defesa civil. Desta forma, os mesmos foram obtidos junto aos veículos de comunicação

regionais.

Nestes eventos, sistemas meteorológicos distintos atuaram sobre a região. No dia 29 de dezembro de 2012, uma convergência de umidade sobre as regiões centro-oeste e sudeste do Brasil (Figura 7) e a atuação de um cavado na média e alta troposfera, associado à maior intensidade do jato subtropical ocasionaram fortes precipitações no município (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2012)

Figura 7: Imagem do satélite EUMETSAT para o dia 29/12/2012.



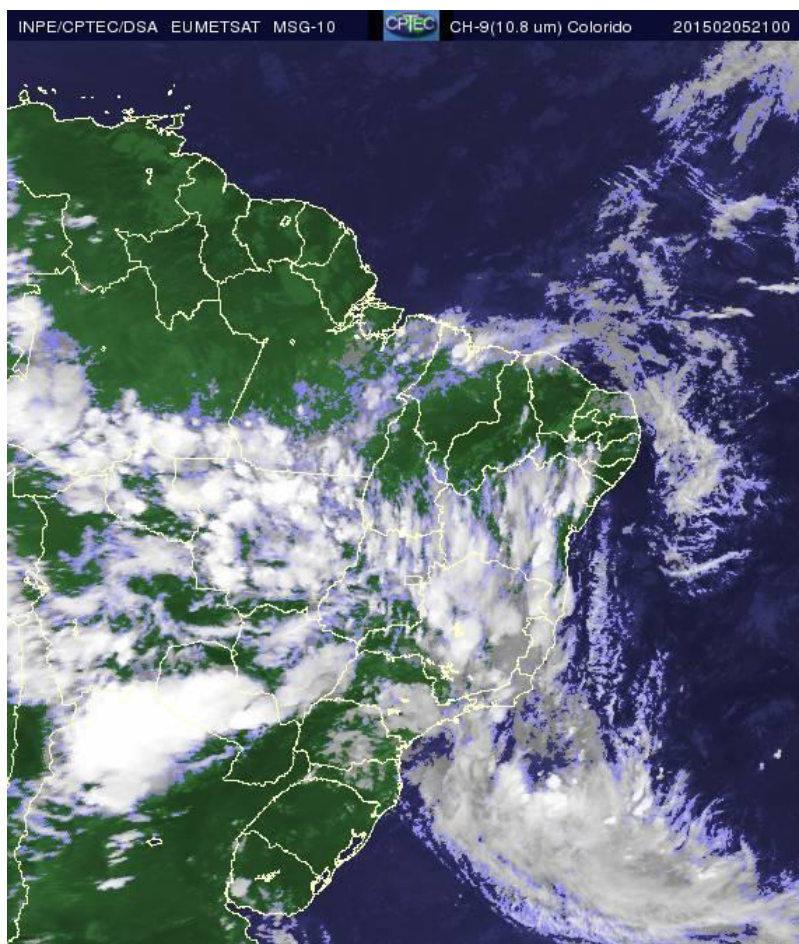
Fonte: Acervo de imagens de satélite do CPTEC/INPE (copyright 2010-2012 EUMETSAT).

A Figura 7 apresenta a imagem do satélite EUMETSAT (*European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites*) no infravermelho (*Color IR 9*), onde é possível visualizar a grande cobertura de nuvens acinzentadas (característica de nuvens mais baixas) sobre a região sudeste do Brasil que resultou em elevada precipitação em João Monlevade.

Já no evento do dia 05 de fevereiro de 2015, a Depressão Subtropical Bapo contribuiu para a formação da ZCAS (Figura 8), que atuou durante os dias 05 a 09/02/2015 na região do município provocando chuvas torrenciais no município (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2015). A ZCAS é caracterizada pela permanência semi-estacionária (pelo

menos quatro dias) de uma banda de nebulosidade no sentido Noroeste-Sudeste, ligada a uma acentuada região de convergência em baixos níveis (Quadro, 1999). Este sistema ainda não é totalmente compreendido, o que dificulta a sua previsibilidade.

Figura 8: Imagem do satélite EUMETSAT para o dia 05/02/2015.



Fonte: Acervo de imagens de satélite do CPTEC/INPE (copyright EUMETSAT).

A Figura 8 mostra a imagem do satélite EUMETSAT no infravermelho, ilustrando a atuação da ZCAS durante o evento do dia 05/12/2015. Pode-se notar a presença de nuvens acinzentadas e outras mais claras, indicando a alta cobertura de nuvens baixas e altas sobre o estado de Minas Gerais.

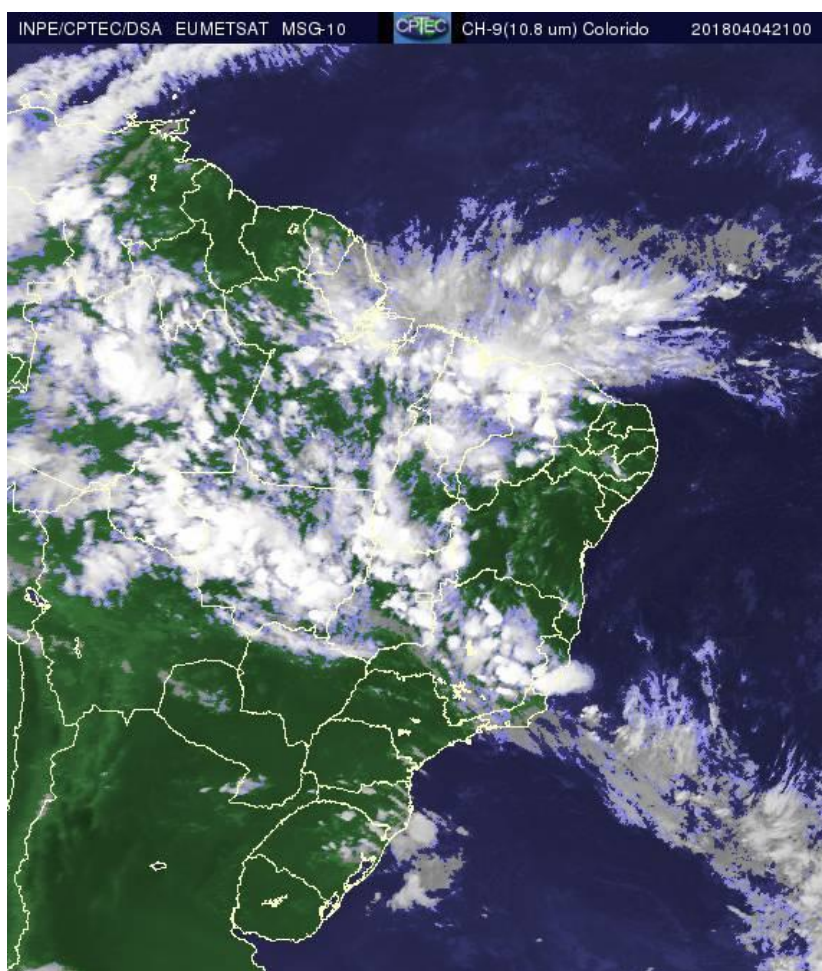
Em 18 de janeiro de 2016, houve a atuação de um sistema de baixa pressão próximo a região sudeste do país que favoreceu a formação da ZCAS, propiciando condições para a ocorrência de elevadas precipitações na região (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2016).

A Tempestade Subtropical Guará e um canal de umidade na região sudeste promoveram a atuação da ZCAS, que foi responsável pela inundação de 09 de dezembro de

2017.

Entre os dias 04 a 07 de abril de 2018 um canal de umidade configurou a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que resultou no episódio de inundação de 04 de abril de 2018 (Figura 9). A ZCOU é um sistema similar a ZCAS, uma vez que ambas são zonas de convergência de umidade marcadas por nebulosidade e precipitação intensas, mas com diferenças em termos de escoamento nos baixos e médios níveis da atmosfera (Sacramento, Escobar e Silva , 2010).

Figura 9: Imagem do satélite EUMETSAT para o dia 04/04/2018.



Fonte: Acervo de imagens de satélite do CPTEC/INPE (copyright EUMETSAT).

A Figura 9 ilustra, através da imagem do satélite EUMETSAT no infravermelho, a atuação da ZCOU no episódio de inundação do dia 04/04/2018. A banda de nebulosidade com orientação noroeste-sudeste, característica tanto da ZCAS, quanto da ZCOU, é facilmente visualizada através desta imagem

Os eventos de inundação ocorridos em 2019 foram favorecidos por um episódio de ZCAS no dia 18 de fevereiro (INMET, 2019) e em 08 de abril houve a configuração da

ZCOU (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2019).

Por fim, o evento de inundação ocorrido na sub-bacia do córrego Carneirinhos em 13 de janeiro de 2020 foi resultado de um longo período chuvoso que atingiu o Brasil, no primeiro mês do ano. A região Sudeste e parcelas das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste registraram elevados volumes de precipitação no período, graças à permanência do sistema meteorológico ZCAS, típico do verão. Chuvas torrenciais aconteceram em diversos locais das regiões Sudeste e Centro-Oeste, particularmente nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Goiás e Minas Gerais, onde a estação convencional do INMET, localizada na região metropolitana da capital Belo Horizonte, registrou um acumulado de chuva de 935,2 mm, sendo que a média do período gira em torno de 330 mm (Instituto Nacional de Meteorologia, 2020).

3.2 Relação entre os eventos meteorológicos e intensificação das precipitações em João Monlevade

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas [IPCC] (2014) está previsto um aumento no número dos eventos extremos de chuva para a região sudeste do Brasil, que podem aumentar consideravelmente a situação de vulnerabilidade da população, uma vez que as mudanças climáticas estão alterando a distribuição temporal da ocorrência dos eventos de precipitação (Zilli et al., 2017).

O estado de Minas Gerais encontra-se sob a influência do regime de Monção da América do Sul que proporciona a concentração das precipitações entre os meses da primavera ao outono do ano seguinte, assim os eventos hidrológicos extremos ocorrem com maior frequência nesse período (Reboita et al., 2016).

Neste contexto, o estudo de Reis et al. (2018) apontou, por meio da análise dos dados de 48 estações meteorológicas do INMET, que no estado de Minas Gerais, entre os anos de 1975 a 2015, houve um aumento na frequência dos eventos hidrológicos extremos na estação chuvosa e redução na estação seca.

Portanto, um dos fatores que pode ter contribuído para a intensificação dos eventos de inundação são as alterações nos padrões hidrológicos-climáticos da região. Franco et al. (2016) também relatam que houve um aumento na frequência das inundações no córrego Carneirinhos após a finalização de sua canalização entre os anos de 1999 a 2001.

Uma vez que já existem evidências das alterações nos padrões climáticos da região, que as características locais favorecem os episódios de inundação e que após a canalização do

córrego os problemas relacionados à drenagem da bacia estão mais comuns verifica-se a importância das ações de gerenciamento de risco por parte do poder público local. Ações que visem a mitigação dos eventos hidrológicos extremos no município, buscando medidas preventivas e corretivas a fim de tornar o sistema de drenagem da bacia eficiente de modo que novas fatalidades não ocorram e que os prejuízos materiais sejam reduzidos ao máximo.

4 Considerações Finais

Diversos eventos de inundação foram registrados no córrego Carneirinhos durante as últimas décadas, sendo que as mudanças climáticas e suas conseqüentes alterações nos padrões hidrológicos aliados às características morfométricas da bacia, uso e ocupação do solo, a canalização do córrego, possíveis falhas no dimensionamento do projeto do sistema de drenagem da bacia e/ou a combinação de todos estes elementos são alguns possíveis fatores que podem explicar o grande número e a recorrência destes eventos.

O controle das inundações em uma bacia hidrográfica urbana é uma tarefa muito complexa e trabalhosa envolvendo diversas variáveis, que, em muitos casos, não podem ser mensuradas em quantidades mínimas por falta de equipamentos e recursos financeiros, como dados de precipitação horária, classificação dos solos em escala menores; a taxa real de infiltração de água no solo; dados de evaporação; medição de vazão; dentre outros.

Com a realização deste estudo, verificou-se que ano após ano o município registra perdas financeiras elevadas, especialmente porque a região concentra seu principal centro comercial. Além disso, também já registrou perdas de vidas humanas, que não poderão ser restituídas.

Recomenda-se que sejam realizados trabalhos com o objetivo de avaliar o sistema de drenagem atual do município, abordando o dimensionamento das galerias existentes frente às mudanças climáticas futuras, uma vez que os eventos de inundação estão aumentando sua frequência.

Referências

Araújo, J. C. de. (2011). *Resgate cultural de João Monlevade, História e Arquitetura*.
<http://ec1uemg.blogspot.com/2011/08/resgate-cultural-de-joao-monlevade.html>

Bayliss, A. C., & Reed, D. W. (2001). The use of historical data in flood frequency

estimation. *Manual, March 2001*, 87.

<http://nora.nerc.ac.uk/8060/1/BaylissRepN008060CR.pdf>

Brasil. (2020). *Sistema Integrado de Informações sobre Desastre*.

<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/#>

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2006). *Climanálise: Boletim de monitoramento e análise climática* (No. 11; 21).

<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index1106.shtml>

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2009). *Climanálise: Boletim de monitoramento e análise climática* (No. 11; 24).

<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index1109.shtml>

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2012). *Climanálise: Boletim de monitoramento e análise climática* (No. 12; 27).

http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/capas/capa_Boletim_27_12.jpg

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2015). *Infoclima: boletim de informações climáticas do CPTEC/INPE* (No. 2; 22).

http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201502.pdf

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2016). *Infoclima: boletim de informações climáticas do CPTEC/INPE* (No. 1; 23).

http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201601.pdf

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2017). *Infoclima: boletim de informações climáticas do CPTEC/INPE* (No. 12; 24).

http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201712.pdf

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2018). *Infoclima: boletim de informações climáticas do CPTEC/INPE* (No. 4; 25).

http://infoclima.cptec.inpe.br/~rinfo/pdf_infoclima/201804.pdf

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. (2019). *Análise sinótica*.
<http://tempo.cptec.inpe.br/boletim-tecnico/faces/impressao.jsp?idBoletim=3769>

DeFato Online. (2015). *Chuva causa estragos em João Monlevade*.
<https://defatoonline.com.br/chuva-causa-estragos-em-joao-monlevade>

Departamento de Água e Esgoto João Monlevade. (2019). *Dados climatológicos de João Monlevade*. http://pmjm.mg.gov.br/secretariaView/23_DAE-Departamento-Municipal-de-Aguas-e-Esgotos.html

Diakakis, M. (2016). Have flood mortality qualitative characteristics changed during the last decades? The case study of Greece. *Environmental Hazards*, 15(2), 148–159.
<https://doi.org/10.1080/17477891.2016.1147412>

Diário do Aço. (2017). *Chuva causa inundação em João Monlevade*.
<https://www.diariodoaco.com.br/noticia/0055208-chuva-causa-inundacao-em-joao-monlevade>

Emergency Events Database. (2019). *Natural Disasters 2018*. www.emdat.be

Emergency Events Database. (2020). *The Emergency Events Database*. www.emdat.be

Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261–279. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.09.001>

Franco, E. S., Luiz, T. A., Santos, N. A. dos, Narcizo, R. V., Lopes, J. de A., & Piedade, L. D. da C. (2016). Canalização do Córrego Carneirinhos e sua relação com os alagamentos em João Monlevade/MG. *Revista Científica Vozes Dos Vales*, 10, 1–16.
<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2016/09/Thiago.pdf>

G1 MG Globo Notícias. (2017). *Chuva provoca alagamentos em João Monlevade, na Região Central de MG*. <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/chuva-provoca-alagamentos-em-joao-monlevade-na-regiao-central-de-mg.ghtml>

Gil, A.C. (2008) Método e técnicas de pesquisa social. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Hettiarachchi, S., Wasko, C., & Sharma, A. (2018). Increase in flood risk resulting from climate change in a developed urban watershed – the role of storm temporal patterns. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(3), 2041–2056. <https://doi.org/10.5194/hess-22-2041-2018>

Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. (2019). *Estimativa de população*. https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/João_Monlevade

Instituto Nacional de Meteorologia. (2019). *Boletim agroclimatológico mensal* (No. 2; 54). http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201902.pdf

Instituto Nacional de Meteorologia. (2020). *Boletim agroclimatológico mensal* (No. 2; 55). http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_202002.pdf

Jha, A. K., Bloch, R., & Lamond, J. (2012). *Cities and Flooding*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8866-2>

Minas Gerais. (2020). *Declara situação de emergência nas áreas dos municípios afetadas por Tempestade Local/Convectiva – Chuvas Intensas*. http://jornal.iof.mg.gov.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/229266/caderno1_2020-01-261.pdf?sequence=1

Moreira, L. L. (2014). *Análise Do Impacto da Evolução Urbanística Sobre O Sistema de Drenagem Urbana* [Universidade Federal do Espírito Santo]. http://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/analise_do_impacto_da_evolucao_urbanistica_sobre_o_sistema_de_drenagem_urbana_luana_lavagnoli_moreira.pdf

Mota, T. (2012). *Chuva forte alaga região central de João Monlevade*.

Niemczynowicz, J. (1999). Urban hydrology and water management – present and future challenges. *Urban Water*, 1(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(99\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(99)00009-6)

Pomeroy, J. W., Granger, R. J., Hedstrom, N. R., Gray, D. M., Elliot, J., Pietronir, A., & Janowicz, J. R. (2005). The Process Hydrology Approach to Improving Prediction to Ungauged Basins in Canada. In *Prediction in Ungauged Basins, Approaches for Canada's Cold Regions* (pp. 67–95). Canadian Water Resources Association.

Quadro, M. F. L. de. (1999). Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. *Revista Brasileira de Geofísica*, 17(2–3), 210–210.
<https://doi.org/10.1590/S0102-261X1999000200009>

Reboita, M. S., Corrêa, M. de P., Rodrigues, M., & Silva, J. P. R. da. (2016). Balance of the atmospheric sciences graduation course in the south of Minas Gerais State: teaching, research, extension and benefits to society. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(7).
<https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160165>

Reis, A. L., Silva, M. S., Regis, M. V., Silveira, W. W. da, Souza, A. C. de, Reboita, M. S., & Silveira, V. (2018). Climatologia e eventos extremos de precipitação no estado de Minas Gerais (Climatology and extreme rainfall events in the state of Minas Gerais). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(2), 652–660. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.2.p652-660>

Rodrigues, M. L. G., Franco, D., & Sugahara, S. (2004). Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, 22(2).
<https://doi.org/10.1590/S0102-261X2004000200004>

Sacramento, O. B., Neto; Escobar, G. C. J.; Silva, P. E. D (2010). Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos. CPTEC. XVI Congresso de Meteorologia.

Saito, S. M., Souza, D. O. . Sistema de monitoramento e alerta de desastres naturais: práticas e desafios. In: Guasselli, Laurindo Antônio; Oliveira, Guilherme Garcia de; Alves, Rita de Cássia Marques. (Org.). *Eventos extremos no Rio Grande do Sul : inundações e movimentos de massa*. 1ed.Porto Alegre: Evangraf, 2013, v. , p. 1.

Salvadore, E., Bronders, J., & Batelaan, O. (2015). Hydrological modelling of urbanized catchments: A review and future directions. *Journal of Hydrology*, 529, 62–81.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.06.028>

Santos, W. (2019). *Cheia da Laje completa 50 anos: tromba d'água arrasou a cidade de são José da Laje no fatídico dia 14 de março de 1969.*

<http://almanaquealagoas.com.br/noticias/?vCod=11774>

Serviço Geológico do Brasil. (2009). *Sistema de alerta contra enchentes na bacia do rio Doce: Vol. II.* https://www.cprm.gov.br/sace/conteudo/doce_artigos/relatorioalerta2009v1.pdf

Sidra: Sistema IBGE de Recuperação. (2020). *Censo Demográfico: população residente, por cor ou raça.* <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/136#resultado>

Silva, J. J. R., Oliveira, G. D. A., Vieira, E. M., & Freitas, A. C. V. (2020). Influência da expansão urbana aliada às características morfométricas nas ocorrências de inundações: estudo de caso no município de João Monlevade-MG. *Research, Society and Development*, 9(2), 136922101. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2101>

Tucci, C. . (2007). *Inundações urbanas.* ABRH/RHAMA.

United Nations. (2018). The World 's Cities in 2018. *The World's Cities in 2018 - Data Booklet (ST/ESA/SER.A/417)*, 34.

https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf

Via Comercial. (2020). *Forte chuva alga avenidas e ruas no bairro Carneirinhos.*

<https://www.viacomercial.com.br/2020/01/14/joao-monlevade-forte-chuva-alga-avenidas-e-ruas-no-bairro-carneirinhos/>

Zhou, Q., Leng, G., & Huang, M. (2018). Impacts of future climate change on urban flood volumes in Hohhot in northern China: benefits of climate change mitigation and adaptations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(1), 305–316. <https://doi.org/10.5194/hess-22-305-2018>

Zilli, M. T., Carvalho, L. M. V., Liebmann, B., & Silva Dias, M. A. (2017). A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2269–2279. <https://doi.org/10.1002/joc.4840>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Josiano Josiel Rodrigues Silva –20%

Gisely de Assis Oliveira –20%

Roberto César de Almeida Monte-Mor –20%

Ana Carolina Vasques Freitas –20%

Fernando Neves Lima –20%