

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**GABRIEL CORRÊA AMARAL**

**LEVANTAMENTO DO BANCO DE DADOS DE DESASTRES EM POÇOS DE  
CALDAS – MG**

**POÇOS DE CALDAS/MG**

**2022**

**GABRIEL CORRÊA AMARAL**

**LEVANTAMENTO DO BANCO DE DADOS DE DESASTRES EM POÇOS DE  
CALDAS – MG**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental pelo Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas – *Campus* Poços de Caldas. Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Rafael de Oliveira Tiezzi.

**POÇOS DE CALDAS/MG**

**2022**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Campus Poços de Caldas

Amaral, Gabriel Corrêa.

LEVANTAMENTO DO BANCO DE DADOS DE DESASTRES EM POÇOS  
DE CALDAS - MG / Gabriel Corrêa Amaral. - Poços de Caldas, MG, 2022.  
86 f. : il. -

Orientador(a): Dr. Rafael de Oliveira Tiezzi.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental) -  
Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2022.  
Bibliografia.

1. Alagamento. 2. Deslizamento de terra. 3. Incêncio residencial. 4.  
Colapso de edificações. I. Tiezzi, Dr. Rafael de Oliveira, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

GABRIEL CORRÊA AMARAL

LEVANTAMENTO DO BANCO DE DADOS DE DESASTRES DE POÇOS DE CALDAS – MG.

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

Aprovada em: 03 de março de 2022

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Tiezzi – UNIFAL-MG  
Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Allan Yu Iwama de Mello – UFPB  
Instituição: Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Diego de Souza Sardinha – UNIFAL-MG.  
Instituição: Universidade Federal de Alfenas



Documento assinado eletronicamente por **Rafael de Oliveira Tiezzi, Professor do Magistério Superior**, em 04/03/2022, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diego de Souza Sardinha, Professor do Magistério Superior**, em 04/03/2022, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALLAN YU IWAMA DE MELLO, Usuário Externo**, em 09/03/2022, às 08:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0685460** e o código CRC **9903003C**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me mantido no caminho certo durante estes anos de mestrado com saúde e forças para chegar até o final, a minha mãe, Norma Aparecida Corrêa Amaral, que sempre me incentivou e apoiou ao longo da minha vida acadêmica, ao meu pai, Donizete Cândido Amaral, que contribuiu direta e indiretamente na realização do meu sonho de se tornar mestre em engenharia e ao Pr. Evandro Luiz Rezende pelas orações e conselhos dados nos momentos difíceis em que eu mais precisei.

Ao meu orientador Dr. Rafael de Oliveira Tiezzi e ao MSc. Adriano Mota Ferreira pelo aprendizado que ambos me proporcionaram e pela paciência que tiveram comigo ao longo deste período em que estivemos trabalhando juntos, aos professores Dr. Diego de Souza Sardinha e Dr. Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes pelas sugestões de melhorias propostas por ambos para esta dissertação, ao Dr. Victor Marchezini pela dedicação de seu tempo em auxílio a elaboração de um dos artigos presentes neste documento e a todos os meus professores da Universidade Federal de Alfenas pela elevada qualidade do ensino oferecido, certamente aprendi e continuo aprendendo muito com vocês.

A Kênia Elieber Vieira e a Fernanda Cristina Bertoluci Pavani, secretárias do Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia Ambiental, que me auxiliaram ao longo desses anos, sempre de forma muito educada e atenciosa em relação a documentação e aos prazos determinados pelo programa e a todos os funcionários da Universidade Federal de Alfenas, campus Poços de Caldas, pois através dos serviços de vocês é que nós alunos podemos ter um ambiente de ensino de qualidade.

Por fim, não menos importante aos meus amigos Kateryna Alekseevna Zhdan, Thamyres Cardoso Chaves Oliveira, Tayna Cristina Tesch da Silva, João Paulo Ferreira de Brito, Isabella Cavalcante de Carvalho e a todos os meus colegas de classe, pelos ensinamentos, conversas, incentivos e apoio, certamente não esquecerei jamais de nenhum de vocês.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## RESUMO

Nos últimos 20 anos cerca de 1,23 milhões de pessoas morreram e outras 4,03 bilhões foram afetadas pelos desastres. Dessa forma, o desenvolvimento de pesquisas que façam uma comparação entre o meio físico e os aspectos sociais, mensurando a vulnerabilidade socioambiental a nível municipal, é de extrema importância, principalmente em regiões com ausência de pesquisas desse campo, pois tais pesquisas, permitem com que os desenvolvedores de políticas públicas possam tomar decisões mais assertivas em relação aos aspectos que contribuem para a diminuição do nível de vulnerabilidade das populações mais sensíveis aos desastres. Neste sentido, este trabalho realizou o levantamento de dados de desastres do município de Poços de Caldas (MG), entre os anos de 1970 e 2021, sistematizando os dados em forma de planilha e procurando entender de maneira macro como os eventos de desastre aconteceram no município. Em um primeiro momento foi realizado o levantamento, análise e construção de um banco de dados de ocorrências em órgãos oficiais e não oficiais do município. Neste período foram analisados 2.479 registros, sendo 1.224 vistorias técnicas realizadas pela Defesa Civil e 1.255 ocorrências de desastres registradas em todas as fontes pesquisadas, sendo identificados, 715 Perigos, 42 Pequenos Desastres e 8 Desastres em 783 eventos de desastres. Em relação à classificação COBRADE, as ocorrências mais frequentes do grupo natural foram: meteorológica > geológica > climatológica > hidrológica em números gerais. Já no grupo tecnológico foram: desastres relacionados a incêndios urbanos > ocorrências relacionadas a obras civis > desastres com produtos perigosos. Além do mais, com a construção desse banco de dados foi possível identificar o evento do dia 20/01/2016 como o pior evento de desastre do município em toda sua história. Analisando os dados hidrológicos percebe-se que todas as estações pluviométricas ultrapassaram de maneira significativa a média anual estimada pela revisão do plano diretor municipal. Na construção do IVS foram utilizados dados de 214 setores censitários de um total de 240 delimitados no município, que corresponde à cerca de 89,16% do total de setores e 68,29% do perímetro urbano total. As áreas com maiores abrangências segundo a classificação foram Média-Alta Vulnerabilidade e Média-Baixa Vulnerabilidade. Comparando o IVS com os dados hidrológicos e com as ocorrências de desastres na década de 2010, nota-se que houve uma relação direta entre a quantidade de chuva, o número de ocorrências de desastres e a classe de vulnerabilidade social desses setores censitários. Porém, quando analisamos o maior evento de desastre, nota-se que, há uma relação direta entre a quantidade de chuva e o número de ocorrências de desastre, entretanto, o mesmo não pode se dizer em relação ao IVS, pois, os setores censitários relacionados com o maior evento de desastre são classificados como baixa ou média-baixa vulnerabilidade. Por fim, nota-se que a utilização dos dados não oficiais como complemento dos dados oficiais, ambos classificados de acordo com o COBRADE, pode ser muito eficaz e eficiente na produção de informações voltadas a mitigação de ocorrências com fatalidades, feridos e perdas econômicas associadas aos desastres naturais.

**Palavra-chave:** Alagamento; Deslizamento de terra; Incêndio residencial; Colapso de edificações.

## ABSTRACT

In the last 20 years about 1.23 million people died and another 4.03 billion were affected by disasters. Thereby, the development of researches that make a comparison between the physical environment and the social aspects, measuring the socio-environmental vulnerability at the city level, it is utmost importance, especially in regions with lack of research in this field, since such researches allow public policy developers make more assertive decisions in relation to aspects that contribute to reducing the level of vulnerability of populations most sensitive to disasters. In this sense, this work carried out a survey of disaster data in the municipality of Poços de Caldas (MG), between the years 1970 and 2021, systematizing the data in the form of a spreadsheet and trying to understand in a macro way how the disaster events happened in the County. At first, the survey, analysis and construction of a database of occurrences in official and unofficial departments of the municipality was carried out. In this period, 2,479 records were analyzed, with 1,224 technical inspections carried out by the Civil Defense and 1,255 occurrences of disasters recorded in all sources surveyed, being identified, 715 Hazards, 42 Small Disasters and 8 Disasters in 783 disaster events. Regarding the COBRADE classification, the most frequent occurrences of the natural group were: meteorological > geological > climatological > hydrological in general numbers. In the technological group, they were: disasters related to urban fires > occurrences related to civil works > disasters with dangerous products. Furthermore, with the construction of this database, it was also possible to identify the event on 01/20/2016 as the worst disaster in the entire municipality history. Analyzing the hydrological data, it can be identified that all rainfall stations significantly exceeded the annual average estimated by the municipal review plan. In the construction of the IVS, data from 214 census sectors were used out of a total of 240 delimited in the municipality, which corresponds to about 89.16% of the total sectors and 68.29% of the total urban perimeter. The areas with the greatest coverage according to the classification were Medium-High Vulnerability and Medium-Low Vulnerability. Comparing the IVS with the hydrological data and the occurrences of disasters in the 2010s, it is noted that there was a direct relationship between the amount of rain, the number of occurrences of disasters and the class of social vulnerability of these census sectors. However, when we analyze the largest disaster event, it is noted that there is a direct relationship between the amount of rain and the number of disaster occurrences, however, the same cannot be said about the IVS, since the census sections related to the biggest disaster event are classified as low or medium-low vulnerability. Thus it can be identified that the use of non official data as a complemente of official ones, both classified according to COBRADE, can be eficiente na effective in the information production related to the decreasing of the fatalities, harms and economic loss occurrences related to disasters.

**Keywords:** Flooding; Landslide; Residential fire; Building colapse.

## LISTA DE FIGURAS

### Seção Preliminar

Figura 1 - Avenida Assis Figueiredo dia 20/01/2016. ....29

### Vinculadas ao Artigo 1

Figure 1 - Study area location. Source: elaborated by the authors. ....33

Figure 2 - Methodological flowchart. Source: Elaborated by the authors. ....37

Figure 3 - Occurrences Distribution surveyed in the municipality by decades and typologies.  
.....40

Figure 4 - Kernel density occurrences distribution surveyed in the municipality by decades..  
.....41

Figure 5 - Summary of damage to property, human beings and records by period of the day.  
.....44

Figure 6 - Word cloud visualization. ....45

### Vinculadas ao Artigo 2

Figura 1 - Localização da área de estudo. ....57

Figura 2 - Fluxograma Metodológico. ....59

Figura 3 - Imagens de alguns pontos de alagamento registrados na cidade de Poços de Caldas  
no dia 19/01/2016. ....66

Figura 4 - Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para o município em  
estudo. ....69

Figura 5 - Relação do Índice de Vulnerabilidade Social x nº de Registros de Ocorrências. ...70

Figura 6 - Relação do Índice de Vulnerabilidade Social x nº de Registros de Ocorrências. ...70

Figura 7 - Percentual de ocorrências de acordo com cada período estabelecido para o estudo.  
.....71

Figura 8 - Espacialização dos registros por setor censitário em intervalos, para o período de  
registros. ....72



Figura 9 - Espacialização dos registros nos setores censitários do município para janeiro de 2016.....	73
--	----

## LISTA DE TABELAS

### Seção Preliminar

Tabela 1 - Principais eventos de desastres em Poços de Caldas.....	16
Tabela 2 - Síntese metodológica do banco de dados EM-DAT.....	23
Tabela 3 - Síntese metodológica do banco de dados S2ID.....	24
Tabela 4 - Síntese metodológica do banco de dados desinventar.....	25

### Vinculadas ao Artigo 1

Table 1 - Summary of classification and quantification of the information generated. ....	39
Table 2 - Ranking of the regions with the highest concentrations of surveyed records. ....	43

### Vinculadas ao Artigo 2

Tabela 1 - Síntese dos indicadores que compõem o IVS segundo as dimensões utilizadas....	60
Tabela 2 - Dados das estações pluviométricas utilizadas na pesquisa.....	63
Tabela 3 - Precipitação acumulada ao longo do período (mm). ....	67
Tabela 4 - Síntese das classes do IVS para o município e respectivas áreas e setores censitários .....	68
Tabela 5 - Registros para os setores censitários relacionados ao mês de janeiro de 2016. ....	73

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivos Específicos.....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.2 Desastres .....	17
2.3 Ameaças ou perigos .....	18
2.4 Vulnerabilidade.....	18
2.5 Vulnerabilidade Social.....	18
2.6 Capacidade.....	19
2.7 Exposição.....	19
2.8 Resiliência.....	20
2.9 Gestão de Risco.....	20
2.11 Mitigação .....	21
2.12 Preparação.....	21
2.13 Ações de resposta.....	22
2.14 Ações de recuperação .....	22
2.15 Banco de Dados .....	22
2.16 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil .....	26
2.17 Lei nº 21.080 do Estado de Minas Gerais. ....	27
2.18 Plano municipal de redução de riscos .....	28
<b>3 ARTIGOS .....</b>	<b>29</b>
Artigo 1: <u>Official and unofficial data supporting disaster risk management in medium-sized cities: a pilot study in Poços de Caldas, Brazil</u> .....	30
Artigo 2: <u>Desastres e Vulnerabilidade Social: considerações acerca dos eventos em Poços de Caldas - MG</u> .....	52
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>80</b>

<b>REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICES A.....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (2020), entre os anos de 2000 e 2019 houve um aumento de 74,5% no número de desastres relatados em comparação aos anos de 1980-1999<sup>1</sup>. Além do mais, este estudo destaca que nos últimos 20 anos cerca de 1,23 milhões de pessoas morreram e outras 4,03 bilhões de pessoas foram afetadas pelos desastres, aumento significativo de 40 mil mortes e 780.000 pessoas afetadas em relação ao período de 1980 e 1999. No período de 2000 a 2019 cerca de 58% das pessoas morreram em consequência de terremotos, 16% devido às tempestades, 13% em consequência das temperaturas extremas, 9% por causa das inundações e 4% em decorrência de secas, deslizamentos de terra, atividades vulcânicas e movimentos de massa. Dentre as pessoas afetadas neste mesmo período, 41% foram em consequência das inundações, 35% devido às secas, 18% por causa das tempestades, 3% em decorrência dos terremotos e 3% em razão das temperaturas extremas, atividades vulcânicas, deslizamentos de terra e incêndios florestais.

No Brasil, de acordo com Ministério da Integração Nacional e a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2017b) as ocorrências de desastres em especial as de origem natural são resultados da deterioração das condições de vida das cidades, onde, em menos de um século, houve um crescimento significativo da população, seguido de um êxodo da área rural para o meio urbano. De acordo com os estudos realizados pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC, 2020), no ano de 2012 os eventos de desastre que mais ocorrem no território brasileiro são caracterizados como seca e estiagem; inundação brusca; inundação gradual; vendaval e/ou ciclone e granizo.

O Marco de Sendai 2015-2030 foi um dos acordos realizados por vários países na terceira conferência mundial das Nações Unidas, no qual teve objetivo a avaliação das ações realizadas pelos países signatários do protocolo de Hyogo 2005-2015. Participante destes dois protocolos, o Brasil ratificou seu compromisso de cumprir todas as metas propostas (NOBRE; MARENCO, 2017). Além do mais, a participação brasileira nos eventos do *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction* de 2015 e 2019 promoveu a primeira cooperação de

---

<sup>1</sup> A análise comparativa entre esses anos utilizou a mesma metodologia. O termo “desastre” foi relacionado somente aos desastres naturais, excluindo os desastres biológicos e os tecnológicos. Os números econômicos foram ajustados a inflação referente ao ano de 2019 em US\$.

intercâmbio científico e tecnológico voltado à redução de riscos de desastres (GAR, 2021; NOBRE; MARENGO, 2017).

O projeto REDESASTRE desenvolvido pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/PR) promoveu a campanha Construindo Cidades Resilientes no qual conta com uma rede de 23 instituições públicas e privadas que atendem diversos municípios no estado do Paraná. Além das prioridades do Marco de Sendai, fica evidente a importância da colaboração e valorização da pesquisa científica desenvolvida pela comunidade acadêmica, do conhecimento dos dados em diversos níveis de gestão, assim como, a divulgação desse conhecimento para todas as esferas da sociedade promovendo o diálogo e a cooperação entre os meios técnicos e científicos (GAR, 2021).

De acordo com Marco de Sendai (2015-2030) o mapeamento local dos riscos (perigos, exposição, vulnerabilidade e capacidades) e as estratégias voltadas ao levantamento de dados, com o objetivo de prevenir e reduzir os desastres, são de extrema importância para compreensão dos riscos envolvidos. Os dados detalhados de perdas relacionadas aos desastres são essenciais no mapeamento dos riscos. Esse marco destaca a importância de compilar e compartilhar informações, dados e estatísticas sobre perdas relacionadas aos desastres, de forma que fortaleça a modelagem, a avaliação, o mapeamento e o monitoramento dos riscos de desastres (WMO, 2021). No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) desempenha o papel de preconizar e articular as estratégias do Marco de Sendai (2015 – 2030) entre os Estados, o Distrito Federal e os Municípios (BRASIL, 2022a).

Segundo o CRED (2022) as agências de desenvolvimento e assistência reconhecem há muito tempo a importância de um banco de dados de desastres na mitigação dos impactos deles nas populações vulneráveis. A análise sistemática desses dados fornece informações valiosas para os governos e para as agências responsáveis pelas atividades de socorro e recuperação, além de permitirem, a integração de programas voltados ao desenvolvimento e a redução da pobreza.

De acordo com o DESINVENTAR (2020) a ausência de registros sistemáticos, homogêneos e comparáveis sobre a tipologia dos desastres dificultava os diálogos de gestão de risco entre os atores, as instituições e os setores com os governos estaduais e nacionais. Dessa forma, esse banco de dados foi desenvolvido como uma ferramenta conceitual e metodológica

para construção de bancos de dados de perdas, danos ou efeitos causados por emergências ou desastres, permitindo ver os desastres em escala espacial local.

Já o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) é de fundamental importância na quantificação e na transparência da gestão de riscos de desastres no Brasil por meio da informatização de processos e disponibilização dos mesmos. Esse banco de dados é atualizado por meio de solicitações feitas através de formulários online e encaminhados para a análise da Secretária Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC). Assim, a troca de informações entre quem está solicitando apoio e quem está fazendo a análise se torna muito mais simples e ágil, fazendo com que a chegada dos recursos para atendimento à população e a realização das obras necessárias para a recuperação das estruturas danificadas por um desastre seja mais eficiente (BRASIL, 2021).

Além disso, o Brasil também tentou desenvolver o Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (SISMADEN) através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Esse sistema era um software livre integrado em uma base de dados geográficos para troca de informações. Com esse sistema seria possível buscar dados atuais através da internet e incorporá-los ao banco de dados, analisando os em tempo real e possibilitando a verificação de uma situação de risco existente através da comparação de mapas de riscos ou de modelos definidos. Além do mais, esse software também proporcionaria a execução de novos modelos de risco e alerta, além de emitir notificações aos usuários do sistema, sendo uma ferramenta muito importante na previsão e prevenção dos riscos de desastres provocados pelas chuvas (BRASIL, 2022b).

Por fim, Muñoz *et al.* (2017), evidenciam a importância do desenvolvimento de banco de dados nacionais de resolução local, que inclua em seus critérios a possibilidade de registrar os desastres pequenos e cotidianos que afetam comunidades locais. Entende-se por banco de dados nesta pesquisa o conjunto de informações coletadas e classificadas de acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) sendo armazenadas em forma de planilha.

Dentre os desastres que mais marcaram a série histórica nacional, destacam-se segundo Marchezini *et al.* (2020): (i) as chuvas de 2008 em Santa Catarina. Nesse evento ocorreram várias inundações e deslizamentos de terra. As perdas econômicas foram estimadas em R\$ 5.32 bilhões (BANCO MUNDIAL, 2012b); (ii) As inundações de junho de 2010 em Pernambuco,

com perdas e danos na ordem de R\$ 3.4 bilhões (BANCO MUNDIAL, 2012a); (iii) Passagem de um ciclone extratropical pelo sul do país em julho de 2020, com danos estimados em R\$ 587,4 milhões somente no estado de Santa Catarina (GIEHL *et al.*, 2020) e (iv) a catástrofe que ocorreu no ano de 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro. Nesse desastre ocorreram mais de 900 mortes vítimas de inundações e deslizamentos e cerca de R\$ 4.78 bilhões de prejuízos foram contabilizados (BANCO MUNDIAL, 2012c).

Além desses eventos destacados acima, Brasil (2017b) também dá ênfase ao rompimento da barragem de rejeitos da Samarco Mineração, empresa controlada pela Vale e pela BHP Billiton. Esse desastre atingiu a cidade de Mariana e Ouro Preto no estado de Minas Gerais, causando a morte de 18 pessoas, desabrigando 644 pessoas, desalojando 716 pessoas e afetando 8.567 pessoas. De acordo com Freitas *et al.* (2019), o rompimento da barragem de rejeitos da mina Córrego do Feijão, pertencente à mineradora Vale S.A. Esse evento ocorreu no ano de 2019 e causou o derramamento de 13 milhões de metros cúbicos de rejeito de mineração no meio ambiente, morte de 300 pessoas e inúmeras perdas materiais. As principais causas de rompimentos de barragens entre os anos de 1910 e 2010 foram as condições climáticas adversas, com aumento de 15% após o ano de 2000 e a má gestão das barragens, onde houve um aumento de 20% após o ano de 2000. As principais causas das condições climáticas adversas foram as chuvas incomuns, atribuídas as recentes mudanças climáticas. Por outro lado, as principais causas da má gestão de barragens estão ligadas a escolha inadequada dos procedimentos em suas construções, a manutenção inadequada das estruturas de drenagem e o monitoramento ineficaz ou inexistente (AZAM; LI, 2022).

De acordo com SARDINHA *et al.* (2016) nos últimos anos, ocorreu na cidade de Poços de Caldas, MG vários eventos de desastres de menor magnitude quando comparamos com os eventos descritos por Freitas *et al.* (2019). Entretanto, quando analisamos esses eventos vemos que eles foram muito importantes como objeto de estudo municipal. A tabela 1 mostra os principais eventos de desastres que aconteceram no local de estudo.

Portanto, a presente dissertação tem como objetivo levantar os dados de desastres do município de Poços de Caldas (MG) nos últimos 50 anos. De maneira mais específica, o trabalho busca sistematizar os dados em forma de planilha, analisando-os de maneira macro, afim de compreender os locais com os maiores índices de desastres no município de estudo e tipificando-os de acordo com a classificação do COBRADE. Além do mais, este trabalho



também tem a intenção de gerar informações que sejam úteis para a população e para os órgãos competentes que buscam mitigar e prevenir os desastres no local de estudo.

Tabela 1 - Principais eventos de desastres em Poços de Caldas.

<b>Data</b>	<b>Tipo</b>	<b>Local</b>	<b>Consequências</b>
07/01/2011	Inundação e queda de barreira	Avenida Irradiação	O córrego que corta o bairro transbordou e invadiu vias; com isso, parte do asfalto foi arrastado e as tubulações se romperam.
23/02/2013	Alagamento e queda de barreira	Vários pontos da cidade	Comprometeu a estrutura do local no bairro Santa Ângela, onde parte da rua cedeu.
22/11/2013	Solapamento das margens de rios e erosão	Bairro Itamaraty II	Com a realização da limpeza e desassoreamento do córrego que atravessa a área verde do bairro Itamaraty II, houve desmoronamento do leito; para tanto, obras emergenciais estão sendo feitas, como o aterramento para acabar com a erosão.

Fonte: adaptado de SARDINHA *et al.* (2016).

Neste trabalho foi feita uma pesquisa documental sobre tema de desastres em arquivos físicos e digitais presentes no município de estudo nos últimos 50 anos e em todos os formulários presentes na Defesa Civil. Para isso, essa pesquisa utilizou os seguintes meios: (i) levantamento de dados dos principais jornais presentes no Museu Histórico e Geográfico da cidade Poços de Caldas (MG) nos últimos 50 anos; (ii) levantamento de todos os dados presentes na Defesa Civil da cidade de Poços de Caldas, MG; (iii) Elaboração de um formulário online que facilite a coletada de dados no formato do COBRADE; (iv) utilização desse formulário para classificação dos dados; (v) análise dos dados por meio de uma planilha do Excel; (vi) apresentação dos resultados através de gráficos e tabelas construídas no Excel e; (vii) construção de mapas utilizando o software ArcGIS Pro®.

### 1.1 Objetivos Específicos

O presente trabalho possui os seguintes objetivos específicos: a) construir um banco de dados de desastres com dados dos municípios em estudo; b) identificar os bairros de Poços de Caldas, MG com maiores índices de desastres e; c) Analisar o cruzamento de dados hidrológicos e ocorrências levantadas juntamente com um Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) no município.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta fundamentação teórica estão os principais conceitos relacionados ao tema de desastres.

### 2.1 Riscos

De acordo com o IPCC (2012) os riscos são compreendidos como probabilidades que ocorrem em um determinado período de tempo, podendo ocorrer alterações graves no funcionamento natural de uma sociedade devido a eventos físicos perigosos que podem interagir com as fragilidades sociais, levando a efeitos adversos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, necessitando de uma resposta de emergência imediata. Em 2017 o Ministério da Integração Nacional (MI) e a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC)<sup>2</sup> definiram os riscos como ocorrências potenciais em relação a uma ameaça de desastre em um cenário socioeconômico e ambiental fragilizado. Em 2021 a *United Nations Office for Disasters Risk Reduction* trouxe mais detalhes em comparação as definições anteriores apontando os riscos como perdas, ferimentos ou danos no qual incluem bens e vidas humanas, que podem ocorrer em um sistema, sociedade ou comunidade em um período específico de tempo, determinado em função do perigo, exposição, vulnerabilidade e capacidade (UNDRR, 2021).

### 2.2 Desastres

Segundo Noal *et al.* (2021) os desastres podem ser entendidos como uma interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, podendo causar perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais, que excedem a capacidade da comunidade afetada de resolver o problema utilizando seus próprios recursos. Já o Brasil (2017b), entende que os desastres são eventos adversos naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário fragilizado exposto a uma ameaça, que pode causar danos humanos, materiais ou ambientais. Além do mais a UNDRR (2021) entende que os desastres são uma grave perturbação do funcionamento de uma sociedade em qualquer escala devido aos eventos perigosos que interagem com as condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, podendo levar a uma ou mais consequências como perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais. Neste caso, o efeito

---

<sup>2</sup> Citação referente ao documento “Noções básicas em proteção e defesa civil em gestão de riscos” (BRASIL, 2017b).

de um desastre pode exceder a capacidade de recursos que uma comunidade tem para sanar este problema, podendo levá-la a pedir auxílio ao governo estadual ou ao governo federal.

### 2.3 Ameaças ou perigos

O Brasil (2017b) entende que no contexto dos desastres, as ameaças ou perigos são fenômenos naturais, tecnológicos de origem antrópica ou não que possuem potencial de causar danos humanos, materiais e ambientais, causando como consequência perdas socioeconômicas públicas e privadas. Já a UNDRR (2021) ressalta que essas ameaças ou perigos estão relacionadas a fenômenos ou atividades humanas que podem causar lesões, mortes e outros impactos à saúde dos seres humanos, além de danos à propriedade, perturbação social e econômica ou degradação ambiental. Essas ameaças ou perigos de acordo com a organização podem ser naturais, antropogênicos ou sócio naturais. Já Sulaiman (2021) menciona as ameaças ou perigos como resultados de processos naturais, socioambientais ou tecnológicos. Entretanto, os riscos associados aos desastres são sempre resultados da relação do desenvolvimento sociopolítico, cultural e econômico nos territórios suscetíveis a tais ameaças.

### 2.4 Vulnerabilidade

Para Wisner (2016) a vulnerabilidade pode ser entendida como o bloqueio das habilidades domésticas das pessoas para prever perigos e tomar medidas para evitá-lo. Já Valencio *et al.* (2009) diz que o conceito de vulnerabilidade diz respeito a susceptibilidade de indivíduos ou grupos que, inseridos num ambiente hostil, demonstram escassa capacidade de defesa e de adaptação e tendem, assim, a vivenciar processos de deterioração de toda a ordem rumando ao perecimento. Por fim, a UNDRR (2021) entende que vulnerabilidade são condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a susceptibilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas aos impactos dos perigos.

### 2.5 Vulnerabilidade Social

De acordo com Ríos e Murgida (2004) a vulnerabilidade social é uma noção complexa, multidimensional e relativa a algum tipo de perigo, portanto, enfrentá-la implica levar em conta as condições e situações socioeconômicas, políticas, culturais e institucionais da sociedade local antes da ocorrência de um desastre. Já Cutter e Finch (2008) descrevem a vulnerabilidade social como uma medida tanto da sensibilidade de uma população a desastres naturais quanto da sua capacidade de responder e se recuperar dos impactos dos desastres. Para Valencio *et al.*

(2009) vulnerabilidade social é o entendimento da exposição desigual aos fatores ameaçantes por um grupo, que quando exposto, a um determinado fator de perigo, não consegue antecipar, resistir ou recuperar dos impactos negativos.

## 2.6 Capacidade

Segundo o IPCC (2012) capacidade refere-se a uma combinação de todos os pontos fortes, atributos e recursos disponíveis para um indivíduo, comunidade, sociedade ou organização que podem ser usados para atingir metas estabelecidas, isto inclui, condições e características que permitem a sociedade em geral (instituições, grupos locais e indivíduos) acesso e uso de recursos sociais, econômicos, psicológicos, culturais e recursos naturais relacionados com a subsistência bem como o acesso as informações governamentais que tenham como objetivo a redução da vulnerabilidade e das consequências de um desastre. Já Noal *et al.* (2021) entende que capacidade são condições institucionais de um município, região, estado ou país que visam a prevenção, a preparação e a solução de desastres presentes ou futuros, assim como medidas de reabilitação, recuperação e reconstrução das comunidades afetadas. Além do mais, para a UNDRR (2021) capacidade é a combinação de todos os pontos fortes, atributos e recursos disponíveis dentro de uma organização, comunidade ou sociedade para gerenciar e reduzir os riscos de desastres e fortalecer a resiliência. A capacidade pode incluir infraestrutura, instituições, conhecimentos e habilidade humanas e atributos coletivos, como relações sociais, liderança e gestão.

## 2.7 Exposição

Segundo UNDRR (2021) o termo exposição é relacionado a situação das pessoas, infraestrutura, habitação, capacidade de produção e outros ativos humanos tangíveis localizados em áreas sujeitas a perigos (ou ameaças), sendo que as medidas de exposição podem incluir o número de pessoas ou tipos de ativos em uma área. Estes podem ser combinados com a vulnerabilidade e capacidade específicas dos elementos expostos a qualquer perigo particular, estimando os riscos quantitativos associados a esse perigo na área de interesse. Além disso, o IPCC (2012) relaciona o termo a presença de pessoas, meios de subsistências, serviços e recursos ambientais, infraestrutura, ativos econômicos, sociais e culturais em lugares que poderiam ser afetados por eventos físicos adversos e que, portanto, estão sujeitos a potenciais danos ou perdas futuras. Esta definição também inclui os sistemas biológicos sob o conceito de serviços ambientais, sendo estes, fundamentais para a segurança e o bem estar humano. Já Monte *et al.* (2021) descreve a exposição como elementos expostos

de um indivíduo, comunidade ou sistema a uma perturbação em seus aspectos físicos de origem social e humana no espaço e tempo. Pode ter um papel crítico em lugares onde a pobreza predomina e destrói o desenvolvimento, aumentando a vulnerabilidade a riscos naturais quando frequentes.

## 2.8 Resiliência

A resiliência é definida como a capacidade de um sistema e seus componentes de antecipar, absorver, acomodar ou se recuperar dos efeitos de um evento potencialmente perigoso de maneira oportuna e eficiente, através da garantia da preservação, restauração ou melhoria de suas estruturas e funções básicas essenciais (BRASIL, 2017b; MELLO, 2018; UNDRR, 2021). Além disso, Mello (2018) complementa dizendo que a resiliência também é a capacidade que uma comunidade tem em prever, responder e recuperar-se de uma ameaça, ou seja, quanto maior a resiliência, menor será a vulnerabilidade.

## 2.9 Gestão de Risco

Brasil (2017b) entende que a gestão de risco de desastres é o planejamento, a coordenação e a execução de ações mitigatórias que sejam destinadas a evitar a instalação de novos riscos e a mitigação dos riscos existentes. Já Sulaiman (2021) define como um processo social permanente e contínuo, apoiado por estruturas institucionais e comunitárias, com o objetivo de enfrentar vulnerabilidades e ameaças presentes no território. Por fim, a UNDRR (2021) entende que a gestão de risco de desastres é a aplicação de políticas e estratégias de redução do risco de desastres que visam a prevenção e redução de novos desastres, administrando o risco residual e contribuindo para o fortalecimento da resiliência. Essas ações podem ser classificadas em: (i) gestão de risco de desastre prospectiva, (ii) gestão de risco de desastre corretiva e; (iii) gestão de risco de desastre compensatória ou gestão de risco residual. Os conceitos de gestão de risco de desastres são inúmeros e organizados por diversas instituições, tanto nacionais quanto internacionais.

A PNPDEC instituída em todo território nacional pela lei 12.608, através do Art. 3º, determina que todos os municípios brasileiros devem estabelecer meios para o desenvolvimento de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil (BRASIL, 2022a).

## 2.10 Prevenção

Segundo Noal *et al.* (2021) as ações de prevenção têm como objetivo limitar o desenvolvimento dos fatores de risco de desastres na sociedade por meio de uma gestão territorial e ambiental adequada. De acordo com o Brasil (2017b) ações de prevenção são atividades prioritárias, anteriores à ocorrência do desastre, destinadas a evitar ou reduzir a instalação de novos riscos de desastres. Já Marchezini *et al.* (2020) entende que as ações de prevenção se referem a medidas de planejamento da ocupação do espaço geográfico e à execução de obras e serviços em áreas consideradas de risco. Além do mais, Sulaiman (2021) entende que ações de prevenção são medidas prioritárias destinadas a evitar a conversão de risco em desastre ou a instalação de vulnerabilidades.

## 2.11 Mitigação

A UNDRR (2021) define as ações de mitigação como uma medida voltada a redução ou minimização dos impactos adversos de um evento perigoso. Os impactos adversos dos perigos, em particular os perigos naturais, muitas vezes não podem ser totalmente evitados, porém, sua gravidade pode ser substancialmente reduzida por várias estratégias e ações. As medidas de mitigação incluem técnicas de engenharia e construção resistente a perigos, bem como políticas ambientais e sociais aprimoradas e conscientização pública. Noal *et al.* (2021) entende que as medidas de mitigação podem ser estruturais ou não, tendo como finalidade a diminuição ou limitação dos impactos adversos causados pelas ameaças naturais, tecnológicas ou pelas degradações ambientais. Já o Brasil (2017b) entende que as medidas de mitigação são atividades imediatamente adotadas para reduzir ou evitar as consequências do risco de desastre. Além disso, Sulaiman (2021) define as ações de mitigação como medidas destinadas a reduzir, limitar ou evitar o risco de desastre.

## 2.12 Preparação

Segundo Noal *et al.* (2021) as medidas de preparação compreendem todos os processos inseridos no contexto da gestão de risco de desastre, tendo como principal meta, o desenvolvimento das capacidades necessárias para a gestão eficaz de todos os tipos de emergências mediante a aplicação de um conjunto metódico e ordenado de ações que vão desde a resposta até a recuperação sustentável. Para Avila e Mattedi (2017) as medidas de preparação são medidas não estruturais de prevenção, previsão e planejamento como: vigilância meteorológica e hidrológica, gerenciamento de bacias e mapas de pontos de risco. Já o Brasil

(2017b) entende que as medidas de preparação são medidas e atividades, anteriores à ocorrência do desastre, destinadas a otimizar as ações de resposta e minimizar os danos e as perdas decorrentes do desastre.

### 2.13 Ações de resposta

As ações de resposta são serviços de emergência e de assistência pública que podem ser de imediato, de curto prazo ou de duração prolongada, envolvendo medidas de recuperação, reabilitação e reconstrução, a fim de salvar vidas, reduzir os impactos sobre a saúde, garantir a segurança pública e atender as necessidades básicas de subsistência da população afetada (NOAL *et al.*, 2021). Para Brasil (2017a) as ações de resposta são medidas emergenciais realizadas durante ou após os desastres, correspondendo ao socorro, assistência aos afetados e o restabelecimento dos serviços essenciais de competência do município. Seguindo este princípio, Marchezini *et al.* (2020) define as ações de respostas como atividades de socorro, restabelecimento de serviços essenciais e assistência aos atingidos, isto é, medidas emergenciais que objetivam o atendimento à população. Já o Sulaiman (2021) entende que as ações de respostas são medidas de caráter emergencial, executadas durante ou após a ocorrência do desastre, destinadas a socorrer e assistir a população atingida e restabelecer os serviços essenciais.

### 2.14 Ações de recuperação

Para Noal *et al.* (2021) as ações de recuperação são um conjunto de atividades de curto e médio prazo que têm como objetivo restaurar as condições de vida e saúde que existiam antes do desastre na comunidade ou sociedade afetada. De acordo com Brasil (2017b) as ações de recuperação são medidas desenvolvidas após os desastres, com a finalidade de retornar à situação de normalidade, que abrangem a reconstrução de infraestrutura danificada ou destruída, e a reabilitação do meio ambiente e da economia, visando ao bem-estar social. Para Avila e Mattedi (2017) as medidas de recuperação envolvem ações de restauração e restabelecimento, como por exemplo, abastecimento de água, energia e limpeza pública; e ações de reconstrução, como por exemplo, apoio financeiro e de equipamentos.

### 2.15 Banco de Dados

Dentre as principais metodologias de bancos de dados disponíveis na ciência dos desastres estão: EM-DAT, Desinventar e S2ID (CARMO; ANAZAWA, 2014; CEPED/UFSC, 2021; MUÑOZ *et al.*, 2017). As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam as sínteses destas metodologias.

Tabela 2 - Síntese metodológica do banco de dados EM-DAT.

MTD	EM-DAT
<b>Definição</b>	Banco de dados de eventos de emergência (EM-DAT). O EM-DAT foi criado com o apoio inicial da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Governo Belga. O principal objetivo da base de dados é servir aos propósitos da ação humanitária em nível nacional e internacional. A iniciativa visa racionalizar a tomada de decisão relacionada a preparação perante os desastres, bem como fornece uma base objetiva para avaliação de vulnerabilidade e definição de prioridades.
<b>Classificação</b>	O EM-DAT distingue entre duas categorias genéricas para os desastres naturais e tecnológicos. A categoria de desastres naturais é dividida em 5 subgrupos, que por sua vez cobrem 15 tipos de desastres e mais de 30 subtipos. A categoria de desastres tecnológicos é dividida em 3 subgrupos que, por sua vez, cobrem 15 tipos de desastres.
<b>Critério</b>	Para que um desastre seja inserido no banco de dados, pelo menos um dos seguintes critérios deve ser cumprido: (i) dez ou mais pessoas relatadas como mortas; (ii) cem ou mais pessoas relatadas como afetadas, feridas ou desabrigadas; (iii) declaração do país de um estado de emergência e / ou um apelo para assistência internacional.
<b>Definições</b>	Os dados EM-DAT incluem as seguintes informações principais: (i) Número do desastre; (ii) País; (iii) Grupo de desastres; (iv) Tipo de desastre; (v) Data; (vi) Morte; (vii) Desaparecidos; (viii) Total de mortes; (ix) Feridos; (x) Sem-teto; (xi) Afetados; (xii) Total afetado; (xiii) Danos estimados.
<b>Tipo de fontes</b>	O banco de dados é compilado a partir de várias fontes, incluindo ONU, agências governamentais e não governamentais, seguradoras, institutos de pesquisa e agências de notícias. Na maioria dos casos, um desastre só será incluído no EM-DAT se pelo menos duas fontes informaram a ocorrência do desastre em termos de mortes e / ou pessoas afetadas.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em (CARMO; ANAZAWA, 2014; CEPED/UFSC, 2021; MUÑOZ *et al.*, 2017). Nota: MTD - Metodologia.



Tabela 3 - Síntese metodológica do banco de dados S2ID.

MTD	S2ID
<b>Definição</b>	Esse sistema foi desenvolvido em 2011 pelo SEDEC e CEPED/UFSC. Em uma primeira etapa, o S2ID teve como objetivo a disponibilização de informações sobre desastres coletados e tratados, tornando-se ferramenta útil na elaboração de estudos na temática da gestão do risco. Na segunda etapa, em 2012, o S2ID foi ampliado e se tornou uma ferramenta on-line para inclusão de informações de desastres e acompanhamento do processo de reconhecimento da SEDEC pelos agentes estaduais, municipais e do Distrito Federal. Esse acesso possibilitou a consulta de informações sobre ocorrências e gestão de riscos de desastres com base em fonte de dados oficial e confiável.
<b>Classificação</b>	(i) Desastre; (ii) Situação de Emergência (SE); (iii) Estado de Calamidade Pública (ECP);(iv) Dano;(v) Prejuízo; (vi) Recursos.
<b>Critério</b>	Os critérios do S2ID são aplicados na necessidade de um decreto de Situação de Emergência (SE) ou de um Estado de Calamidade Pública (ECP) de acordo com o que estabelece a Instrução Normativa n. 1, de agosto de 2012. São condições essenciais para a solicitação de reconhecimento federal:(i) necessidade comprovada de auxílio federal complementar; ou (ii) exigência de reconhecimento federal da situação anormal decretada, expressa em norma vigente, para liberação de benefícios federais às vítimas de desastres.
<b>Definições</b>	As definições utilizadas pelo S2ID são as que estão no Formulário de Informações do Desastre (FIDE)
<b>Tipo de fontes</b>	No S2ID há notícias de jornais, portarias e declarações, como também os formulários de Avaliação de Danos (AVADAN) e Notificações Preliminares de Desastres (NOPRED), além do Formulário de Informações sobre Desastres (FIDE) – que, a partir de 2012, substituíram os AVADANs. Todos esses documentos encontram-se armazenados em formato PDF, para acesso livre via internet.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em (CARMO; ANAZAWA, 2014; CEPED/UFSC, 2021; MUÑOZ *et al.*, 2017). Nota: MTD - Metodologia.

Tabela 4 - Síntese metodológica do banco de dados desinventar.

MTD	Desinventar
<b>Definição</b>	O Disaster Inventory Data Base, ou sistema de inventário de desastres (DesInventar), é uma proposta metodológica e de software, com um marco conceitual de referência, para coleta, registro sistemático, organização, armazenamento e análise de dados de perdas decorrentes de eventos naturais, socio naturais ou tecnológicos. Este sistema surgiu na década de 1990, na América Latina, como resposta à demanda por dados detalhados, com ênfase em variáveis sociais, para análise da vulnerabilidade em estudos de risco e desastres.
<b>Classificação</b>	O DesInventar identificou quatro conjuntos de variáveis sistêmicas que podem ser consideradas universais: (i) O tempo; (ii) A geografia;(iii) Os efeitos; (iv) As causas diretas e indiretas
<b>Critério</b>	Os critérios do Desinventar são fundamentados nos conceitos de risco extensivo e intensivo do <i>Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction</i> (GAR). Esses conceitos permitem distinguir os desastres por frequência (período de recorrência) e intensidade (grau do impacto). No GAR, perdas de até 30 vidas humanas e/ou até 500 vivendas destruídas caracterizam desastres extensivos; valores acima desses limiares caracterizam desastres intensivos.
<b>Definições</b>	Os dados do Desinventar incluem as seguintes informações principais: (i) Mortos; (ii) Feridos; (iii) Pessoas Desaparecidas; (iv) Vítimas; (v) Evacuados; (vi) Pessoas Realojadas; (vii) Pessoas Afetadas; (viii) Casas Destruídas; (ix) Casas Afetadas; (x) Danos as estradas; (xi) Danos as culturas Ha; (xii) Gado; (xiii) Centro Educacionais; (xiv) Hospitais; (xv) Indicadores; (xvi) Transportes; (xvii) Agricultura; (xviii) Comunicações; (xix) Eletricidade; (xx) Educação; (xxi) Departamentos de Salvamento; (xxii) Sistemas de fornecimento de água; (xxiii) Esgotos; (xxiv) Indústria; (xxv) Saúde; (xxvi) Valor da perda em moeda local; (xxvii) Valor da perda em Dólares Americanos; (xxviii) Outras perdas; (xxix) Magnitude; (xxx) Comentários; (xxxi) Por/Data.
<b>Tipo de fontes</b>	As fontes de dados do desinventar incluem pesquisas das próprias organizações, dados de seguradoras e resseguradoras, dados das Nações Unidas, de diversas ONGs e de instituições governamentais, além de informações da imprensa.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em (CARMO; ANAZAWA, 2014; CEPED/UFSC, 2021; MUÑOZ *et al.*, 2017; UNITED NATIONS DESINVENTAR OPEN SOURCE INITIATIVE, 2022). Nota: MTD - Metodologia.

Analisando os bancos de dados EM-DAT, Desinventar e S2ID percebe-se que o Desinventar e o EM-DAT são ferramentas de acesso público e possuem um mecanismo que permite filtrar as buscas por tipo e categoria. Entretanto, o S2ID é o mais detalhado e possui a maior média de número de registros. Por outro lado, o Desinventar é uma ferramenta de código aberto que permite a criação de gráficos, estatísticas e relatórios sob demanda, onde o usuário pode escolher quais informações deseja visualizar e a forma pela qual deseja representá-las.

## 2.16 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

A PNPDEC, lei 12.608, determina que as ações de proteção e defesa civil devem ser organizadas por meio de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Em uma gestão sistêmica e contínua as ações possuem relação entre si, entretanto, há uma responsabilidade específica por cada ação, ou seja, mesmo em momentos de recuperação, por exemplo, a perspectiva da prevenção deve estar presente (BRASIL, 2022a). Essa ideia é expressa pelo Marco de Sendai através da seguinte frase: "Reconstruir Melhor que Antes". Além do mais, a PNPDEC é o marco doutrinário da proteção e defesa civil no Brasil, sendo expressa por meio de diretrizes e objetivos instituídos na política, devendo ser seguidos por todos os membros do SINPDEC. A PNPDEC conduz programas, planos e projetos que abordam a temática, definem as competências dos federados, integra às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e as demais políticas setoriais que aspirem a promoção do desenvolvimento sustentável, dando indicações fundamentais das principais políticas que se relacionam com a Gestão de Riscos (BRASIL, 2017a). De acordo com Marchezini *et al.* (2017) a PNPDEC evidencia a importância do planejamento com base em pesquisas e estudos sobre áreas de risco e a incidência de desastres no território nacional. Além disso, essa política apoia o incentivo a instalação de centros universitários de ensino e pesquisa sobre desastres e de núcleos multidisciplinares de ensino permanente e a distância, destinados à pesquisa, extensão e capacitação.

Um exemplo disso, é o Atlas Digital de Desastre brasileiro que fornece informações sistematizadas de danos e prejuízos relacionados aos eventos de desastre. Esse banco de informações foi criado por meio de uma cooperação técnica entre o Banco Mundial e a CEPED/UFSC. Os dados utilizados na construção desse atlas foram extraídos do Sistema

Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) e tratados pela equipe técnica do centro. Foram extraídos aproximadamente 64.429 registros realizados pelos estados e municípios. Esse banco de dados é composto por dois ambientes: o mapa interativo, que possibilita a visualização espacial dos dados e um resumo dos valores mais significativos ou *dashboard*, que organiza os dados de ocorrências e danos em gráficos. Dessa forma, é possível visualizar os dados sobre os desastres no Brasil de forma estruturada, observando os detalhes das ocorrências e danos associados a cada município (CEPED/UFSC, 2020).

#### 2.17 Lei n° 21. 080 do Estado de Minas Gerais.

A lei estadual n° 21. 080 de 27/12/2013 tem como objetivo a proteção da população, do meio ambiente e de bens materiais face aos desastres decorrentes das chuvas intensas. Nessa lei, entende-se como chuvas intensas: (i) chuvas intensas são precipitações pluviais que apresentam taxas elevadas em curto intervalo de tempo e/ou precipitações pluviais contínuas em longo intervalo de tempo; (ii) desastres decorrentes de chuvas intensas ou eventos adversos causadores de danos às pessoas, ao meio ambiente, aos bens materiais e que resultem em prejuízos econômicos e sociais, como, transbordamento de corpos d'água, inundação e/ou alagamento de áreas urbanas e rurais, deslizamento de solos e rochas, danificação de edificações e de obras de infraestrutura e disseminação de doenças e epidemias. Os municípios mineiros em estado de calamidade pública ou em situação de emergência decretados em razão de chuvas intensas terão prioridade nas ações e medidas previstas nesta Lei (MINAS GERAIS, 2022).

Além do mais, segundo lei estadual n° 21. 080 compete ao estado: (i) estabelecer normas, programas, planos, procedimentos, socorro, assistência médico-social, abrigo, manutenção de serviços essenciais e o desenvolvimento de estudos que tenham como objetivo a prevenção aos desastres decorrentes de chuvas intensas e à mitigação de seus efeitos; (ii) planejar, coordenar, controlar e executar atividades de defesa civil em sua esfera de competência; (iii) promover a articulação com a União, com outros Estados e com Municípios, respeitadas as disposições constitucionais e legais, para o desenvolvimento de ações de defesa civil em caso de risco de desastre, situação de emergência ou estado de calamidade pública decorrentes de chuvas intensas; (iv) dispor de sistema de monitoramento, análise e alerta de fenômenos hidrológicos e meteorológicos; (v) consignar, na legislação orçamentária, recursos financeiros para o custeio de atividades, programas, projetos e obras (MINAS GERAIS, 2022).

O estado também celebrará convênios de cooperação com os municípios para o desenvolvimento e recuperação do meio ambiente, de edificações e de obras de infraestrutura afetadas por desastres decorrentes de chuvas intensas por meio de ações como: (i) a implantação e o funcionamento de Comissão Municipal de Defesa Civil (COMDEC); (ii) capacitação de agentes públicos municipais; (iii) criação e o treinamento de brigadas voluntárias de auxílio à defesa civil; (iv) implantação de sistemas de alerta para garantir a segurança e a saúde pública em eventos meteorológicos e hidrológicos adversos; (v) treinamento e a orientação da comunidade para a evacuação de áreas de risco; (vi) prestação de assistência técnica e de auxílio econômico-financeiro; (vii) a doação de recipientes coletores de entulho e (viii) a implementação, em situações de emergência ou de calamidade pública, de frentes de trabalho que desenvolvam ações de limpeza de ruas, bueiros e valas de escoamento, desassoreamento de corpos d'água, construção de obras de contenção de águas e de encostas, reparação de edificações e de obras de infraestrutura e apoio a atividades de defesa civil (MINAS GERAIS, 2022).

Por fim, o poder público desenvolverá campanhas preventivas de educação sanitária e ambiental sobre as causas e as consequências de inundações, a serem veiculadas nos meios de comunicação. Também fica incluído no calendário escolar da rede estadual de ensino a Semana de Prevenção e Combate a Inundações, a ser comemorada no mês de agosto, com a promoção de cursos, seminários, debates e outras atividades relacionadas com o tema (MINAS GERAIS, 2022).

#### 2.18 Plano municipal de redução de riscos

O município de Poços de Caldas (MG) dispõe de um plano municipal de redução de risco elaborado por intermédio da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana – SEDRU e da Fundação Israel Pinheiro – FIP. Esse documento utilizou como base a metodologia do Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários / Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários, do Ministério das Cidades. O PMRR de Poços de Caldas (MG) está de acordo com a determinação do CAPÍTULO I, artigo 2º da Lei 12.608/12 onde estabelece que “É dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre” (MINAS GERAIS, 2013).

### 3 ARTIGOS

Nesta seção serão apresentados 2 artigos. O primeiro artigo (artigo 1) possui o título de “*Official and unofficial data supporting disaster risk management in medium-sized cities: A Brazilian city study case*”, enquanto, o segundo artigo (artigo 2) possui o título de “Desastre e vulnerabilidade social: considerações sobre os eventos em poços de caldas”. Em ambos foram utilizados registros do banco de dados desenvolvido ao longo desta pesquisa através da coleta de dados nos órgãos oficiais e não oficiais e da utilização das seguintes ferramentas: Google Forms e Excel. Entretanto, os artigos possuem propósitos distintos, sendo o primeiro voltado a uma análise do banco de dados de forma geral e o segundo voltado a correlação entre vulnerabilidade social, dados de desastres e dados hidrológicos do município estudado.

Figura 1 - Avenida Assis Figueiredo dia 20/01/2016.



Fonte: [www.g1.globo.com](http://www.g1.globo.com).

**Artigo 1:****Official and unofficial data supporting disaster risk management in medium-sized cities: a pilot study in Poços de Caldas, Brazil****ABSTRACT**

The disaster database enables managers to support prevention, preparedness and mitigation actions, especially in Latin American countries, where disaster risk data is scarce. This article surveys and analyzes a database of disasters in a medium-sized municipality, named Poços de Caldas, using official (civil defense) and unofficial (documentary research) sources. The methodology was based on data collection between 1970 and 2021, being classified according to the Brazilian Disaster Codification (COBRADE), and subsequent spatialization of information. The results indicated that 71% of hazard events were registered in the "natural group" (NG), mostly related to heavy rainfall, and 29% in the "technological group" (TG), these mostly associated with urban fires. Based on the spatial analysis, 20 locations ("hotspots") with the largest occurrences were identified, which represented about 64.30% of (NG) total records. The city central zone was the location with the highest number of occurrences (133), followed by Jardim Kennedy (64), in the South zone, and Serra São Domingos (53), in the North. The methodology developed is an important tool to support urban planning and disaster risk management in medium-sized cities.

**Keywords:** Storms, landslides, flooding, fires, cities, disaster risk reduction.

**INTRODUCTION**

According to the Center for Research in Disaster Epidemiology – CRED (2021), 389 disasters were recorded in the International Disaster Database (EM-DAT) in 2020, affecting 98.4 million people and leaving more than 15.000 fatal victims. These disasters caused worldwide economic losses estimated at 171 billion dollars (CRED, 2021). Latin America and

Caribbean is the second region of the world in terms of these damages and losses. Brazil is one of the countries which have faced recent flashfloods and/or landslides in the Northeast, North and Southeast regions, causing more than 250 deaths between December 2021 and February 2022. This scenario is not an exception. Data from the National Confederation of Municipalities (Brasil, 2021a) indicate that disasters had a significant impact on Brazilian society in 2020, with 235 deaths and 41.148.193 people affected.

Keerthiratne and Tol (2018) reported that territories affected in natural hazards usually suffer economic damage through losses of physical and human capital which most often cause declines in average income. Sawada and Takasaki (2017) believe that limited resources of the poorest households create significant disadvantages not only in their vulnerability to disasters, but also in their short-term coping capacity. According to Zorn (2018) individuals living in extreme poverty, in developing countries, are particularly more vulnerable to natural hazards due to urbanization and the occupation of risk-prone areas.

Fernandes et al. (2018) pointed out the importance of having a disaster database with damage analysis and its possible triggering hazard events as an important tool for the evaluation of a susceptible location. Schwertner et al. (2018) pointed out that disaster management by digital means is important for a sustainable development of the economy and society. Muñoz et al. (2017) highlighted the importance of developing national and local resolution databases that includes in their criteria the possibility of recording small everyday disasters that affect local communities, especially in medium-sized cities, where institutional capacities for risk mapping are weaker. Machado and Camboim (2019) explained that larger municipalities such as São Paulo and Belo Horizonte have an up-to-date database, while smaller municipalities may not have qualified professionals or a department responsible for data registration and storage. In this scenario, it may be necessary to use unofficial data sources, such as Journals and magazines, as they will be useful as a complementary source for the creation of a database for disaster risk management (Sulaiman, 2021).



According to Pereira (2017) and Lima and Silveira (2018), the term "medium-sized city" is defined as urban agglomerations whose main elements are their articulations and mediations of the less complex urban spaces with more complex urban spaces in the urban network, being or not part of other networks or urban systems. On the other hand, Queiroz et al. (2020) used the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) concept which defines medium-sized cities as the municipalities with population between 100 and 500 thousand inhabitants. The last census conducted in Brazil in 2010 showed that the municipalities classified as medium-sized cities (between 100 and 500 thousand inhabitants) had the greater urban sprawl due to easier access to culture, education, and job offers.

Considering the high urban concentration, rainfall rates, and a topography with contrasting slopes, this article surveyed and analyzed a disaster database methodology in a medium-size city, using official and unofficial sources. The study carried out the following specific objectives: (i) identification of the neighborhoods with the highest disaster rates; (ii) classification of the types of natural and technological disasters with the highest occurrence; (iii) spatialization of the occurrences with the classification and the location they occurred.

## **STUDY AREA**

Poços de Caldas is located in the southern region of Minas Gerais State, Brazil (Figure 1), in the Mantiqueira Province context, specifically in Varginha Complex, which comprises amphibolitic and granulitic rocks (Brasil, 1979). Within the Varginha Complex, intrusions of alkaline bodies, belonging to the Alkaline Province of Southern Brazil, distributed in the entire national territory, along two distinct alignments, one NE, along the Brazilian coast, and the other NW, which develops from the coast. This Alkaline Complex represents a volcanic caldera and is situated on the "NW Branch". It comprises a suite of plutonic and volcanic rocks classified mainly as phonolites and nephelinasienites (Bacha et al., 2020; Sardinha et al., 2015; Sardinha & Godoy, 2019).

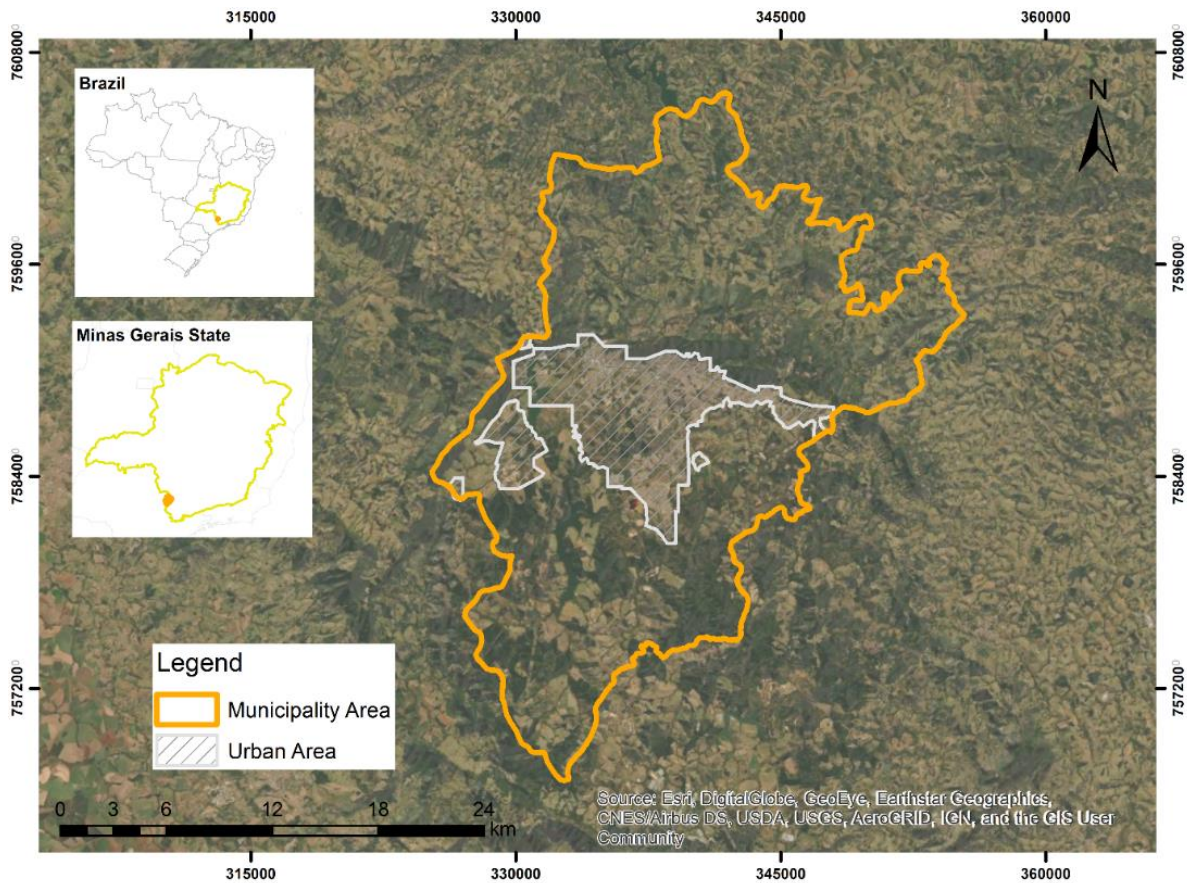


Figure 1 - Study area location. Source: elaborated by the authors.

The Poços de Caldas region is located in the geomorphological province of Minas South Plateau, which is subdivided into three units: Upper Rio Grande Surface, São Pedro de Caldas Plateau, and Poços de Caldas Plateau (Brasil, 1979). According to Tinós et al. (2014), Poços de Caldas Plateau is located on the western Mantiqueira province border and in contact with the eastern extremes of Paraná sedimentary basin, thus constituting a perfectly characterized morphostructural set. The actual relief, influenced by the rise of the volcanic caldera, is characterized by ring mountains or mountains with restricted tops, hills with rounded tops, as well as rolling hills and predominant alluvial plains.

The climate in the region, according to Köppen's classification (1948), is mesothermic (C), and is characterized by small thermal and pluviometric variations, with the predominance of two subtypes, the Cwb (humid climate with dry winter and mild summer) and the Cwa (dry

winter mesothermic, with hot summers and a rainy summer season). According to Sardinha et al. (2016) January is the month with the highest precipitation (average of 423.8 mm, minimum of 160 mm and maximum of 769 mm), while August has the lowest rates (average of 23.6 mm, minimum of 0 mm and maximum of 130.5 mm). The region, despite being located in the Atlantic Forest biome, presents a diversity of biotopes, especially the Montane Semideciduous Seasonal Forest and the Altitude Fields, which represent a transactional context between the Atlantic Forest and the Cerrado (Moraes & Jiménez-Rueda, 2005).

Deep ferralsol outcrops occur in Poços de Caldas region, with little differentiation between horizons and gently undulating or smoothed hills; on the other hand, leptosols, regosol, and cambisols are present in more rugged reliefs, mountains with restricted circular tops and cliffs with rounded tops; differing from the lowland soils, with characteristics associated with flooding and Outcropping organic deposition and sandy materials in the alluvial plains; besides the volcanic breccia soils, with pedogenesis controlled by Andisols (Bacha et al., 2020; Justino & Sardinha, 2019; Sardinha et al., 2018).

Throughout its development and until the present day, Poços de Caldas had its growth related to thermal and mineral water sources (Sardinha et al., 2016). The urbanization process occurred mainly due to the physical environmental conditions, by the occupation of slopes in the main rivers, and the areas towards the mountains (Justino & Sardinha, 2019). According to Andrade et al. (2019) the municipal population combined with its urban network makes Poços de Caldas to be considered a medium-sized city, attracting a significant number of people from its area of influence due to the commercial infrastructure, health services, education, entertainment, and local tourist attractions. Currently, the economy is diversified, including activities in mining, industry, agriculture, commerce, services, and tourism.

The municipality has a total area of 544 km<sup>2</sup>, which approximately 85 km<sup>2</sup> comprise the urban area and 459 km<sup>2</sup> of the rural area. Based on an estimated population of 169.838 in

2021 (Brasil, 2022), the municipality has a demographic density of 312 inhabitants/ km<sup>2</sup>. However, when considering the urban population of 160.000 in the urban area of 85 km<sup>2</sup>, this value represents 1.880 inhabitants/ km<sup>2</sup> (Brasil, 2021b).

## **MATERIALS AND METHODS**

A hazard is defined as a process, phenomenon or human activity that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, social and economic disruption or environmental degradation (UNGA, 2016; 2017). A hazard event or hazardous event is the manifestation of a hazard in a place for a period of time (UNGA, 2016). In other words, a hazard event has the potential to impact a community and have temporal and spatial dimensions (UNDRR/ISC, 2020).

The concept of disaster is not synonymous of hazard or hazard event. Disaster is “a serious disruption of the functioning of a community or a society at any scale due to hazardous events interacting with conditions of exposure, vulnerability and capacity, leading to one or more of the following: human, material, economic and environmental losses and impacts” (UNDRR, 2022, n/d). The terminology of United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2022) proposes a classification of the magnitude of disasters. While the small-scale disasters are those “only affecting local communities which require assistance beyond the affected community”, the large-scale are those “affecting a society which requires national or international assistance” (UNDRR, 2022, n/d).

In this research, the occurrence of the natural or technological hazard events that caused local occurrences or small-scale disasters was taken into account, considered those episodes reported in journals or official agencies such as the civil defense. The records or data are all the information collected from these sources, and involved not only damages triggered by hazard events. Disaster events were considered, in this study, a set of circumstances that happened on the same day and in the exact location or nearby places.

The analysis and research data collection were carried out between September 2020 and April 2021 at the Municipal Civil Defense and at the Poços de Caldas Historic and Geographic Museum, where the old copies of the journals are located. The Civil Defense (DC) data were collected between 2015 and 2021 since the law on access to information instructs public agencies to keep only five years of records. In the journals of municipal circulation, such as *Jornal da Cidade* (JC), *Jornal Mantiqueira* (JM), *Gazeta Sul de Minas* (JGSM), and *Diário de Poços* (JDP), the data collection covered the years between 1970 and 2021. However, only *Jornal da Cidade* and *Jornal Mantiqueira* presented records for the study. Although the search for data covered the years from 1970 to 2021, the first records were found in 1979 for *Jornal Mantiqueira* and in 1992 for *Jornal da Cidade*.

Records were divided into official and non-official sources. Within the official sources consulted, the only one available with organized data according to the research criteria adopted was the Municipal Civil Defense. In this department, there were only printed copies of forms which registered hazard and disasters occurrences. Regarding the non-official sources, the data obtained in the local journals were consulted in digital and printed formats. Figure 2 summarizes the methodological steps and the period of data collected. The data collection and systematization were performed using the Google Forms search management application pre-formatted according to the typologies of the Brazilian Classification of Disasters (COBRADE) (Brasil, 2012; Sardinha et al., 2016).

The records were separated into natural or technological hazard events and small-scale or large-scale disaster. Hazard events or disasters classified as “natural” were associated with one of the four typological classifications: (1) **geological or geophysical**, involving erosive processes, mass movement (including those resulting from wet mass movement and landslides derived from geological processes or geophysical phenomena); (2) **meteorological**, in the case of processes originating in phenomena such as heavy rainfall, lightning, tropical and extra-tropical cyclones, tornadoes and gales, hailstorms, frosts, and cold and heat waves; (3)

**hydrological**, including those leading to floods, whether gradual or flash floods; and (4) **climatological**, involving processes related to droughts, forest fires, and wildfires. Hazard events or disasters classified as technological were associated with one of these typologies: (1) **dangerous products**, spill or release of dangerous products into water, land, or air through an accident in the transportation or storage of these types of products; (2) **urban fires**, fires in residential settlements or industrial plants; (3) **civil works**, involve dams rupture or structural building collapse; and (4) **passengers transportation and non-dangerous cargo**, accident with the direct vehicles participation transporting passengers or non-dangerous cargo.

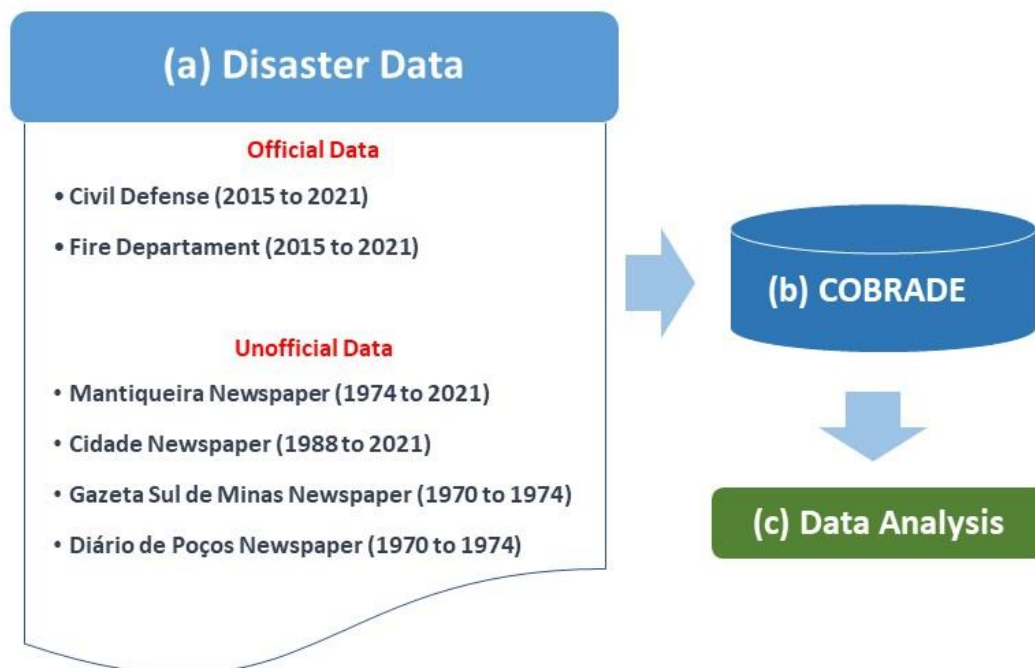


Figure 2 - Methodological flowchart. Source: Elaborated by the authors.

The occurrences of events were grouped and classified into Hazard events, Small-Scale Disasters, Medium-Scale and Large-Scale Disasters according to the following criteria:

i) **hazard events** are those that had from one to three occurrences without death records in the same day; ii) **small-scale disasters** are those which registered from one to three deaths or from four to ten occurrences in the same day, such as urban flooding and/or landslides in

different neighborhoods; iii) **medium-scale disasters** are events that had above four occurrences with death or more than ten occurrences on the same day; and, iv) **large-scale disasters** as those with ten or more deaths or declaration as a national emergency, following the criteria proposed by the Emergency Events Database (EM-DAT) (CRED, 2021).

After grouping the data, the Kernel density technique was applied for each decade and respective totals records, disregarding their hazard typologies (e.g., geological or meteorological). The Kernel estimator is a non-parametric interpolation technique that generates a surface according to the variable's spatial distribution under study (Bertolla, 2015). Its application was mainly due to the efficient way this technique can visually provide the spatial patterns with the data studied (Druck et al., 2004).

In the qualitative analysis of disaster events/occurrences, the filter and word count resources belonging to Excel were used. These resources did apply to the observation spreadsheet fields resulting from the data collection. As a result, a table was created with the words that stood out the most, using the website <https://www.wordclouds.com/> to produce the word cloud.

Information and data collected over time permitted the comparison of data and its treatment in a Geographic Information Systems (GIS) environment. The database structured with the municipality's official and unofficial records is an important tool to support disaster risk management.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

The results represent the last 50 years of data collected from official and unofficial sources in Poços de Caldas. This research identified 715 Threats, 60 Small-Scale Disasters, 8 Medium-Scale Disasters, and no Large-Scale Disasters in 783 events. In addition, were distributed 20 deaths across 18 identified disaster events in 50 years of data collected.

During this period, 1,255 occurrences of hazards and disasters have recorded in all sources surveyed. Of the total occurrences of disasters, 888 occurrences or 71% of all occurrences related to the group "Natural" (NG) and 367 occurrences or 29% of all occurrences of disasters related to the group "Technological" (TG), as described in Table 1.

Table 1 - Summary of classification and quantification of the information generated.

Sources of Information	Types of Records	Types of Events	
	Hazard and Disaster Events	Natural	Technological
JC	174	128	46
JM	687	436	251
JGSM	0	0	0
JDP	0	0	0
DC	329	283	46
JCJM	60	39	21
JCDC	2	1	1
JCJMDC	2	1	1
JMDC	1	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>1255</b>	<b>888</b>	<b>367</b>

Note 1: JC: Cidade`s Jornal; JM: Mantiqueira`s Jornal, JGSM: Gazeta Sul de Minas`s Jornal, JDP: Diário de Poços`s Jornal, DC: Civil Defense. Note 2 (Events that were recorded in more than one source): JCJM: Cidade`s Jornal and Mantiqueira`s Jornal, JCDC: Cidade`s Jornal and Civil Defense, JCJMDC: Cidade`s Jornal and Mantiqueira`s Jornal and Civil Defense, JMDC: Mantiqueira`s Jornal and Civil Defense. Source: elaborated by the authors.

During the data analysis process, it was noted that there were hazard and disaster events/occurrences that appeared more than once in different sources. In this period, 41 occurrences from NG and 24 from TG were found, totaling 65 occurrences in multiple sources or 5.18% of the reported events. These were distributed according to JCJM, JCDC JCJMDC, JMDC, as shown in Table 1.

Among the 1,255 hazards and disaster events/occurrences reported, 861 were mentioned by the newspapers "Jornal Mantiqueira" and "Jornal da Cidade" representing 68.6% of the total records surveyed. By comparing the data from January 2015 to March 2021 between the official and unofficial agencies, Civil Defense registered 329 hazard and disaster events/occurrences, corresponding to 26.2 % of the total occurrences, while the unofficial



sources reported 861 occurrences or approximately 68.6 % of all hazard and disaster occurrences surveyed.

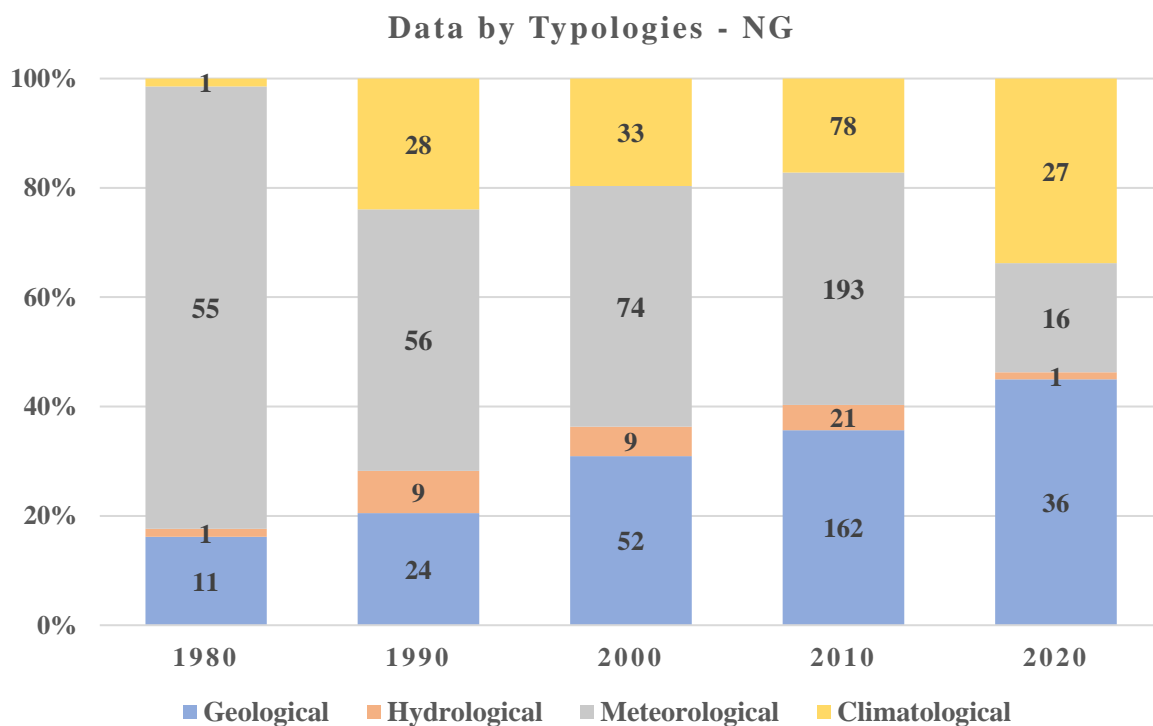


Figure 3 - Occurrences Distribution surveyed in the municipality by decades and typologies. Note: NG – Natural Group. Source: elaborated by the authors.

Regarding the COBRADE classification of NG reports, the most frequent hazard and disaster events followed this order: meteorological > geological > climatological > hydrological in overall numbers. The meteorological events subgroup presented about 43.36% of the hazard events in the NG or 394 events of heavy rainfall. The climatological subgroup showed 18.92%, or 168 occurrences related to fires in parks, environmental protection areas, and permanent protection areas (APP). Finally, the subgroup with the lowest concentration of occurrences was hydrological, accounting for 4.62% of NG occurrences, most associated with floods and inundations.

Furthermore, the increase in the last ten years of events related to geological and climatic subgroups may have been linked to extreme rainfall events, irregularly built housing

in risk areas, and deforestation of slopes in the geological subgroup. Figure 3 presents the spatial-temporal occurrences surveyed in the municipality by decades and typologies (NG).

### Kernel Density of Occurrences by Decades.

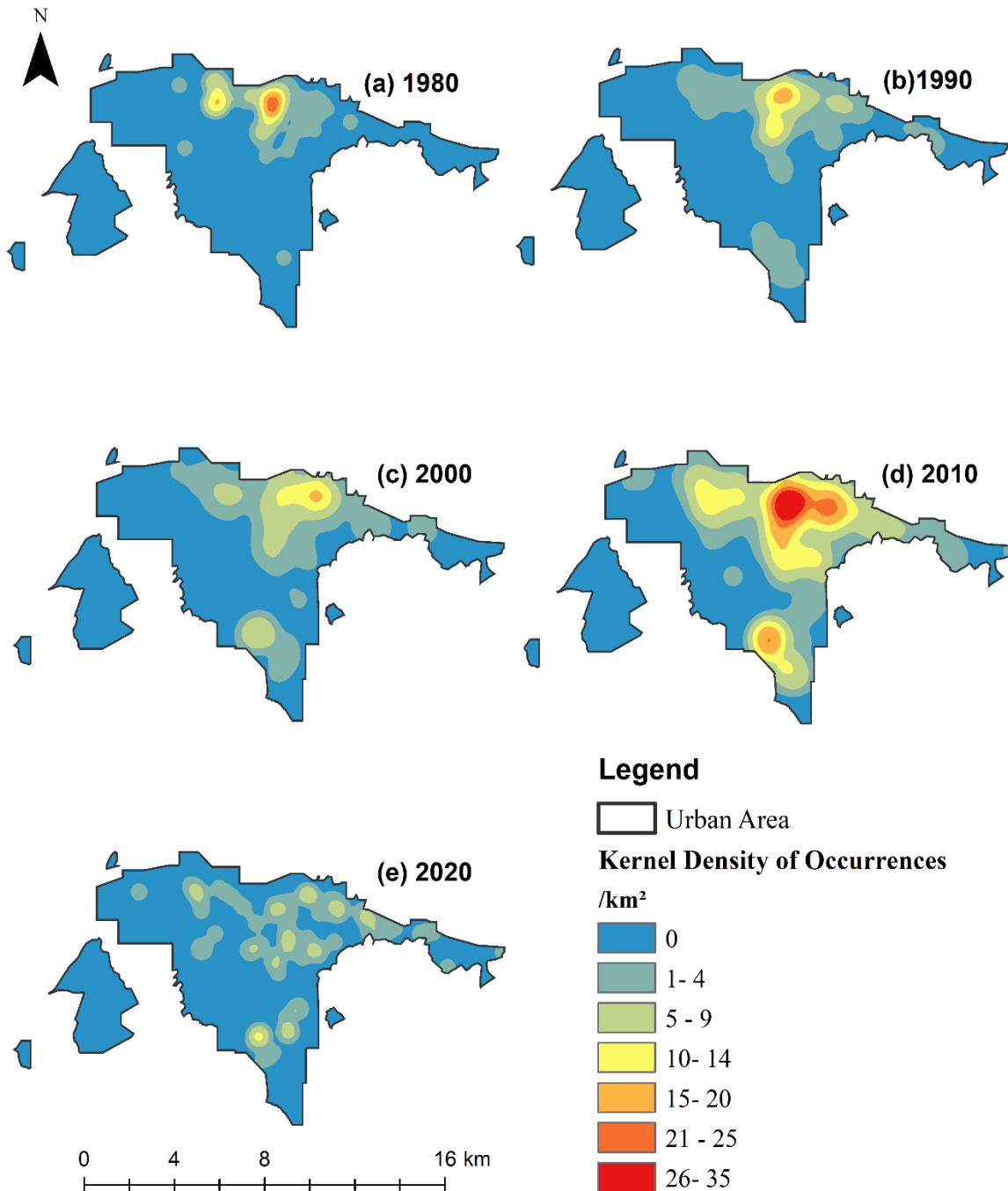


Figure 4 - Kernel density occurrences distribution surveyed in the municipality by decades. Source: elaborated by the authors.

With few exceptions, such as flood events and fires in residential settlements, many other subgroups showed a significant increase in the past decade. This can be attributed to the

Civil Defense database records beginning in 2015, increasing the number of events recorded. As shown in Figure 3, both typologies showed an increase in records over the decades. An important aspect to consider about this, especially in 2010, is shown in Figure 4, where the Kernel densities for the NG records/decade are presented. In the 1980s (Figure 4a), data were concentrated in the urban central region area and later distributed to the east and south. The increase of records mentioned in Figure 3 is also represented in Figure 4d, which shows that the central and southern regions (Jardim Kennedy) began to have higher concentrations of reports ranging from 21 to 35 records/km<sup>2</sup>.

Although few occurrences are available in the 2020s (Figure 4e), a pattern similar to the previous decade can be seen, with a marked concentration in the southern urban area. By investigating the localities with the highest concentration of NG occurrences, it was possible to establish a ranking of the 20 neighborhoods which presented the highest concentrations of hazard and disaster events (Table 2).

The neighborhood with the highest concentration of NG-related occurrences was the Center, followed by Jardim Kennedy and Serra São Domingos, with 133, 64, and 53 occurrences, mainly associated with heavy rainfall, heavy rainfall/torrential rain, and fires, respectively. If added together, the occurrences in the neighborhoods listed in Table 2, 64.30% records would be associated with NG. Twenty areas accounted for more than a half of "natural hazard and disaster" occurrences during the study period. On the other hand, 14 neighborhoods in the city had no occurrences of disasters.

In the case of TG-related events, there were 367 occurrences, of which 310 were urban fire (79% of them in residential settlements). There were also 42 occurrences related to civil works (97.61% of them classified as building collapse) and 14 reports involving hazardous product (57.14% were related to chemical spills in lake, river, marine, and aquifer environments). The reported events of passengers' transportation-related and non-hazardous cargo presented only one occurrence, thus concluding the 367 occurrences of TG.

Furthermore, there were no occurrences related to hazards and disasters with radioactive substances or "biological" typology as established by COBRADE.

Table 2 - Ranking of the regions with the highest concentrations of Hazards and disaster events.

Ranking	Neighborhood	Number of Records
1°	Downtown	133
2°	Jardim Kennedy	64
3°	Serra São Domingos	53
4°	Jardim dos Estados	37
5°	Country Club	29
6°	Jardim Quissisana	29
7°	Jardim Country Club	28
8°	Parque Vivaldi Leite Ribeiro	25
9°	Bairro São José	22
10°	Jardim Nova Aparecida	21
11°	Santa Ângela	19
12°	COHAB	17
13°	Chácara Alvorada	13
14°	Jardim Bandeirantes	12
15°	Jardim Paraíso	12
16°	Jardim Santa Augusta	12
17°	Jardim Vitória	12
18°	Vila Nova	12
19°	Vila Togni	11
20°	Estância Poços de Caldas	10

Source: elaborated by the authors.

The material damages surveyed were diverse, ranging from televisions to automobiles. According to Figure 5 (a), 573 material damages and 140 affected houses were identified, with Civil Defense recording 29 material damages and 7 affected dwellings. The other journals recorded 544 material damages and 133 affected homes in different periods. Figure 5 (b) shows the human damage. This figure has noted that there were 20 fatalities, 50 injured, and 122 homeless. These data were obtained from official and unofficial sources, between 1970 and 2021.

During the research conducted in the municipal Civil Defense database, it was possible to observe that there were no deaths recorded in the period from January 2015 to March 2021. Although it was impossible to confirm any deaths before 2015 through the municipal Civil

Defense database - because the documents before 2015 were "lost by accident." -, when collecting data from unofficial sources, such as journals, it was possible to note that there were 20 disaster deaths registered in Poços de Caldas municipality from 1970 to March 2021, as shown in Figure 5(b). Thus, the use of unofficial sources comprising several decades, in the absence of official historical records, can indeed be helpful in the analysis of disasters in a local scale.

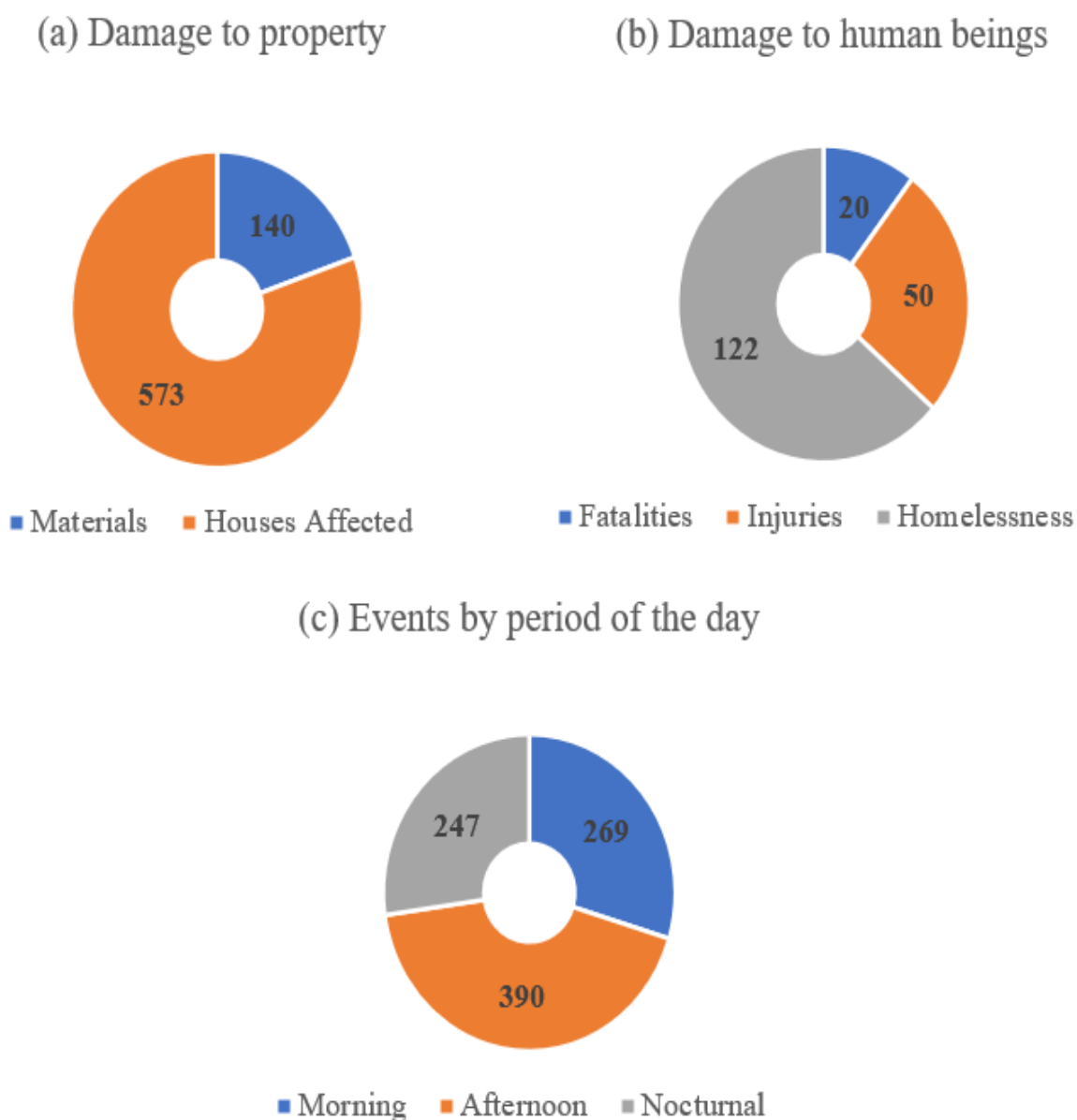


Figure 5 - Summary of damage to property, human beings and records by period of the day; (5a) damage to property (materials and houses affected), (5b) damage to human beings (fatalities, injuries and homelessness), and (5c) number of recorded events by all day period. Source: elaborated by the authors.

Another relevant point is that, although 1,255 hazards and disasters have been identified in the study area, only 906 occurrences presented information about the period of the day which they occurred. Figure 5(c) shows 390 occurrences in the afternoons (43.04%), 269 events in the morning period (29.69%), and 247 occurrences at night (27.26%). Thus, it was possible to perceive that most hazards and disasters occurred in the afternoon. Therefore, it can be useful that the municipal civil defense prepares its staff and material resources to monitor risk areas during this period of the day because there is a large flow of people on streets, resulting in greater exposure of people in the case of a hazard event. Other important recommendation is to improve the data registration in the civil defense database in order to include information about the variable “time”. In 349 occurrences, it was impossible to know in which period such hazard and disaster events occurred due to lack of information.



Figure 6 - Word cloud visualization. Source: elaborated by the authors.

Moreover, the data collection allowed a qualitative analysis of the information provided in the reports of unofficial and official sources. This analysis presents the words that

appeared most in the spreadsheet Excel observations field generated using Google Forms, conducted through the word cloud graph, as shown in Figure 6. In this word cloud (Figure 6), it is possible to identify that the words that were most mentioned are related to events of "natural occurrences," which are vegetation fire, flood, landslide, rain, and erosion. Of 1255 occurrences of hazards and disasters, fires in vegetation represented 13.4%, floods 3.26%, landslides 16.5%, rains 30.11%, and erosion 5.66%. Together these typologies represent 69% of total events of hazards and disasters recorded in this research. This analysis demonstrates that the qualitative analysis carried out through the word cloud is consistent with the quantitative study carried out in this research.

## **CONCLUSION**

The historical database of hazards and disasters occurrences surveyed in the municipality allowed us to identify that 44.36% of events recorded in the Poços de Caldas city in the last 50 years were of meteorological origin, and 96% of these events have been classified as intense rainfall according to COBRADE. It was also possible to note that 84.5% of all TG occurrences verified at the research site in the last 50 years have been classified as urban fires, and 79% were hazards and disasters linked to fires in residential settlements, according to COBRADE.

Furthermore, the spatial analysis carried out allow to identify risk hotspots in the city. The neighborhood most affected by disaster events was Downtown, which had five deaths, 11 injuries, 10 homeless people, 88 materials damages, and 22 houses reported. It is essential to consider that 20 neighborhoods in the city represent 65% municipality's disaster occurrences, information which can be essential to improve disaster risk reduction measures by the municipal government, as well as capacity building strategies for disaster preparedness and early warning systems, which can be promoted by the local civil defense.

The method adopted in this pilot study can also be applied to other small and medium-size cities that have been impacted by small- and medium-scale disasters, in order to improve the disaster database to support disaster risk management activities. In the case of the pilot study in Poços de Caldas, we also recommend future work to complement the knowledge about disaster risks:

- Research on the occurrence of fires in Serra São Domingo's;
- Research on the relationship between the construction of canalization works and the flooding that occurs in the city;
- Research on the growth of housing in irregular areas and the increase in the number of disasters in the city of Poços de Caldas, MG;
- Database (Research about using the data generated in the computational database).

This study was supported by FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – Foundation for Research Support of Minas Gerais, Brazil). The authors are also grateful for the support of CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) (AMF - Grant Number (88887.634411/2021-00).VM acknowledges the São Paulo Research Foundation – Fapesp (Grant Number 2018/06093-4). The authors are also grateful for the Secretary of Social Defense of the City Hall of Poços de Caldas-MG, Brazil.

## REFERENCES

- Andrade, A. C. de, Ramos, G. M., & Martins, R. M. (2019). Crescimento populacional, paisagem e qualidade de vida em Poços de Caldas (MG), uma cidade média turística. *Sociedade e Território*, 31(2), 27–48. <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2019v31n2ID18836>
- Bacha, A. L. R., Sardinha, D. de S., Godoy, L. H., & Ancelmi, M. F. (2020). Geoquímica de piroclastos intemperizados da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG). *Geologia*



- USP. *Série Científica*, 20(3), 63–80. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v20-160771>
- Bertolla, J. M. [UNESP. (2015). *Técnicas de análise de dados distribuídos em áreas* [Dissertação (mestrado), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho]. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/126401>
- Brasil. (1979). *Projeto Sapucaí: Relatório final de geologia* (técnico N° 5; p. 619). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
- Brasil. (2012, abril 10). *Lei n° 12.608—Institui a política nacional de proteção e defesa civil—PNPDEC*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm)
- Brasil. (2021a). *Danos e prejuízos causados por outros desastres no brasil durante a pandemia em 2020* (p. 20) [Técnico]. Confederação Nacional de Municípios.
- Brasil. (2021b, julho 13). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística—IBGE*. Cidades e Estados. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>
- Brasil. (2022, março 21). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística—IBGE*. Sinopse do Censo Demográfico 2010. <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8&uf=00>
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. (2021). *Cred crunch 62—2020 annual report* (N° 62; p. 2). CRED. <https://www.emdat.be/publications>
- Druck, S., Carvalho, M. S., Câmara, G., & Monteiro, A. M. V. (2004). *Análise espacial de dados geográficos* (p. 12) [Técnico]. Embrapa. <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00075490.pdf>
- Fernandes, C., Kaiser, I., & Peixoto, A. (2018). Análise de Agentes Desencadeadores de Desastres Naturais Utilizando Simulação de Monte Carlo. *Geotenia e Desenvolvimento Urbano*, 10. [https://www.researchgate.net/publication/327545884\\_Analise\\_de\\_Agentes\\_Desenca](https://www.researchgate.net/publication/327545884_Analise_de_Agentes_Desenca)

- deadores\_de\_Desastres\_Naturais\_Utilizando\_Simulacao\_de\_Monte\_Carlo
- Justino, F. A., & Sardinha, D. de S. (2019). Análise geoambiental aplicada à bacia hidrográfica do ribeirão de Poços, Poços de Caldas (MG). *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, 17(1), 68–90.  
<https://doi.org/10.5016/estgeo.v17i1.13990>
- Keerthiratne, S., & Tol, R. S. J. (2018). Impact of natural disasters on income inequality in Sri Lanka. *World Development*, 105(1), 217–230.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.01.001>
- Köppen, W. (1948). *Climatologia* (1º ed, Vol. 1). Fundo de cultura econômica.
- Lima, J. G., & Silveira, R. L. L. da. (2018). Cidades médias brasileiras a partir de um novo olhar denominacional e conceitual: Cidades de comando regional. *Desenvolvimento em Questão*, 16(42), 8–41. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2018.42.8-41>
- Machado, A. A., & Camboim, S. P. (2019). Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: Desafios e potencialidades. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180142. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142>
- Moraes, F. T., & Jiménez-Rueda, J. R. (2005). Importância de estudos fisiográficos no planejamento municipal: Exemplo do jardim botânico de Poços de Caldas (MG). *Geosciences = Geociências*, 24(3), 255–266.
- Muñoz, V. A., Marchezini, V., Bacelar, L., Jimenez, N., & Velásquez, A. (2017). DesInventar: Ferramenta conceitual e plataforma computacional para sistematização de dados e suporte à pesquisa de risco e desastres. Em *Reduction of Vulnerability to Disasters: From Knowledge to Action* (1º ed, p. 1–620). Rima.
- Pereira, C. S. S. (2017). ST 3 A nova geografia do comércio e do consumo em cidades médias: Produção do espaço urbano e reestruturação da cidade. *Anais ENANPUR*, 17(1), 19.
- Queiroz, S. N. de, Ojima, R., Campos, J., & Fusco, W. (2020). Migração em cidades médias

- do interior nordestino: A atração migratória como elemento distintivo. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 22(1), 34.  
<https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202033pt>
- Sardinha, D. D. S., Godoy, L. H., Conceição, F. T. da, Spatti Júnior, E. P., Fernandes, A. M., Victal, F. A. D. C. A., & Costa, D. A. T. (2018). Geoquímica fluvial e balanço de denudação em Tinguaitos de Poços de Caldas, Minas Gerais. *Geologia USP. Série Científica*, 18(1), 259–272. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-127313>
- Sardinha, D. de S., & Godoy, L. H. (2019). Geodiversidade e geoconservação na região da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG), Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, 13(3), 31–45. <https://doi.org/10.18316/rca.v13i3.5990>
- Sardinha, D. de S., Godoy, L. H., Jiménez-Rueda, J. R., & Moreno, M. M. T. (2015). Discussão da evolução da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG) a partir de uma análise pedogeoquímica em uma topossequência. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 16(2), Article 2. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i2.620>
- Sardinha, D. de S., Pena, Y. T. L., Tiezzi, R. de O., & Almeida, M. C. J. de. (2016). Base de dados de desastres naturais no município de Poços de Caldas/MG: Ferramenta para o planejamento e a gestão territorial. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 8, 318–331. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.008.003.AO03>
- Sawada, Y., & Takasaki, Y. (2017). Natural Disaster, Poverty, and Development: An Introduction. *World Development*, 94(1), 2–15.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.035>
- Schwertner, K., Zlateva, P., & Velez, D. (2018). Digital technologies of industry 4.0 in management of natural disasters. *Proceedings of the 2nd International Conference on E-Commerce, E-Business and E-Government - ICEEG '18*, 95–99.  
<https://doi.org/10.1145/3234781.3234798>
- Tinós, T. M., Ferreira, M. V., Riedel, P. S., & Zaine, J. E. (2014). Aplicação e avaliação de

metodologia de classificação automática de formas de relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(3), 18. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i3.455>

United Nations General Assembly. (2016). *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction* (Técnico N° 71/276; p. 41). UNGA. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N16/410/23/PDF/N1641023.pdf?OpenElement>

United Nations General Assembly. (2017). *Resolution adopted by the General Assembly on 2 February 2017* (Técnico N° 71/276; p. 1). UNGA. [https://www.unisdr.org/files/resolutions/N1702972\\_en.pdf](https://www.unisdr.org/files/resolutions/N1702972_en.pdf)

United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR. (2022). *Terminology*. <https://www.undrr.org/terminology/disaster>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction / International Science Council. (2020). *Hazard definition & classification review* (p. 88) [Técnico]. UNDRR. [https://council.science/wp-content/uploads/2020/06/UNDRR\\_Hazard-Report\\_DIGITAL.pdf](https://council.science/wp-content/uploads/2020/06/UNDRR_Hazard-Report_DIGITAL.pdf)

Zorn, M. (2018). Natural Disasters and Less Developed Countries. Em S. Pelc & M. Koderman (Orgs.), *Nature, Tourism and Ethnicity as Drivers of (De)Marginalization* (Vol. 3, p. 59–78). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59002-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59002-8_4)

## Artigo 2:

### **Desastres e Vulnerabilidade Social: considerações acerca dos eventos em Poços de Caldas - MG**

#### **RESUMO**

Estudos realizados em diversas fontes, como por exemplo, Pubmed, Elsevier e Scopus, entre os anos de 2010 e 2015, indicam que dos 15 artigos utilizados para mapear, gerenciar, identificar e visualizar o índice de vulnerabilidade social, cerca de somente 10% apontam indicadores de vulnerabilidade social tanto natural quanto tecnológica em relação aos perigos. Portanto a utilização de dados de vulnerabilidade social, dados de eventos de desastres (registros de ocorrências) e dados hidrológicos é de extrema importância, visto que, possibilita espacialização dos mesmos em diferentes níveis de agregação, de acordo com o planejado para a pesquisa, facilitando a implementação de ações específicas para determinados grupos populacionais. Esses dados também podem ser utilizados na gestão ativa de territórios e na saúde pública, facilitando o processo de formulação, implementação e proposição de políticas públicas. Dado a natureza multidimensional da vulnerabilidade social, abrangência de sua finalidade e o importante papel na promoção do bem-estar da população, o presente trabalho tem como objetivo analisar o cruzamento de dados de vulnerabilidade social com dados de eventos de desastres (registros de ocorrências) assim como dados hidrológicos no município de Poços de Caldas, MG. A metodologia consistiu em realizar o levantamento, a análise e a construção de um banco de dados de ocorrências de desastres através da utilização de dados coletados em órgãos oficiais e não oficiais no município de estudo entre os anos de 1970 e 2021. Com o banco de dados estruturado, foi possível analisar e identificar o evento desencadeado no dia 20/01/2016 como o pior evento de desastre já registrado na história de Poços de Caldas em relação ao número de ocorrências registradas em um só dia e mês. Em seguida, foi feita a análise do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) através do método desenvolvido por Medeiros (2018) utilizando dados do censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Por fim, realizou-se a coleta, análise e cruzamento dos dados hidrológicos municipais, antecedentes a dez dias ao pior evento de desastre registrado no município, produzindo as álgebras de mapas e obtendo o produto final. Este estudo demonstrou que houve uma relação direta entre os dados hidrológicos, os eventos de desastres e o IVS na década de 2010, entretanto, quando analisamos o maior evento de desastre, nota-se que, há uma relação direta entre a quantidade de chuva e o número de ocorrências de desastre, porém, o mesmo não pode se dizer em relação ao IVS, pois, os setores censitários aonde aconteceu o maior evento de desastre são classificados como baixa ou média-baixa vulnerabilidade. Esse fato demonstra que embora a defesa civil tenha trabalhado e se preparado para enfrentar as adversidades resultantes dos eventos de desastres em áreas de alta e média alta vulnerabilidade, há uma grande probabilidade de ocorrer eventos específicos de grande magnitude em uma área de baixa e média baixa vulnerabilidade.

**Palavras-chave:** Sociedade, Área de risco, Alagamento, Chuva.

## ABSTRACT

Studies carried out in several sources, such as Pubmed, Elsevier, and Scopus, between 2010 and 2015, it is concluded that of the 15 articles used to map, manage, identify and visualize the social vulnerability index, about only 10 % pointed to social indicators vulnerability, both natural and technological concerning hazards. Therefore, social vulnerability data, disaster event data (occurrence records), and hydrological data are essential. They enable their spatialization at different aggregation levels, according to what was planned for the research, facilitating the implementation of the specific actions for certain population groups. These data can manage territories and public health, simplifying formulating, implementing, and proposing public policies given the multidimensional social nature vulnerability, the purpose scope, and the essential role in promoting the population's well-being. The present work analyzes the social intersection vulnerability data with disaster event data (occurrence records) and hydrological data in the Poços de Caldas, MG municipality. The methodology was conducting the survey, analysis, and disaster database construction occurrences using data collected from official and unofficial bodies in the studied municipality between 1970 and 2021. The structured database data made it possible to analyze and identify the event triggered on 01/20/2016. The worst disaster event ever recorded in Poços de Caldas history is concerning occurrences number registered in a single day and month. Then, the Social Vulnerability Index (SVI) was analyzed using the method developed by Medeiros (2018) using data from the 2010 census carried out by the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Finally, the collection, analysis, and municipal hydrological crossing data, antecedent to ten days, with the worst disaster event recorded in the municipality, was carried out, producing map algebras and obtaining the final product. This study showed a direct relationship between hydrological data, disaster events, and IVS in the 2010s. However, when we analyze the largest disaster event, it is noted that there is a direct relationship between the rain amount and the disasters number occurrences. However, the same cannot say concerning the IVS since the census sectors where the most significant disaster event occurred are classified as low or medium-low vulnerability. This fact demonstrates that although the civil defense has worked and prepared itself to face the adversities resulting from disaster events in areas of high and medium-high vulnerability, a specific great event magnitude may occur in low and medium-low vulnerability areas.

**Keywords:** Society, Area of risk, Flooding, Rain.

## INTRODUÇÃO

O uso do termo vulnerabilidade na literatura de desastres começou no ano de 1970, entretanto, foi somente durante a década de 1980 que ele ganhou reconhecimento como característica fundamental de ordem ambiental, econômica, social e política (EMRICH; CUTTER, 2011; FATEMI *et al.*, 2017). Para Oliveira (2017) foi através da criação do Conselho de Desenvolvimento Social (CDS) na década de 1970 que os indicadores sociais apareceram de forma oficial no Brasil, fornecendo elementos para formulação e acompanhamento do planejamento social através da utilização de indicadores destinados a medir as variações nos níveis de bem estar material, em especial dos grupos que estavam em situação de extrema pobreza. De acordo com a revisão bibliográfica realizada por Fatemi *et al.* (2017) nos sites: Pubmed, Elsevier, Scopus, ProQuest, Springer e Iran Medex e em outros recursos eletrônicos disponíveis, como livros, sites, documentos e relatórios de organizações internacionais, entre os anos de 2010 e 2015, apenas 15 artigos foram utilizados para mapear, gerenciar, identificar e visualizar o índice de vulnerabilidade social, sendo que somente 10% desses artigos apontaram indicadores de vulnerabilidade social tanto natural quanto tecnológica em relação aos perigos. Para Schumann e Moura (2015) este conceito continua sendo empregado de forma multidimensional em diversas áreas do conhecimento já que, a diversidade de abordagens disciplinares e a polissemia de definição proporciona uma ampla utilização do conceito.

Nos contextos naturais e sociais a vulnerabilidade pode ser entendida como uma coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações de pobreza e privação social (ALVES, 2006); determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que podem abranger uma variedade de conceitos e elementos incluindo a sensibilidade, suscetibilidade, adaptação e capacidade de lidar com os transtornos causados (IPCC, 2018; UNDRR, 2021).

Já vulnerabilidade social é definida como a exposição de indivíduos ou grupos aos estresses originados de riscos exógenos, neste caso as mudanças climáticas, ou de fatores como os impactos sociais e econômicos (ADGER, 1996). Para Wisner *et al.* (2003) vulnerabilidade social é a características presentes em uma pessoa ou grupo que influencia sua capacidade de antecipar, enfrentar, resistir e recuperar de um perigo natural, podendo ser um evento ou processo natural extremo. Já Cutter, Boruff e Shirley (2003) sugere que vulnerabilidade social é um conceito que ajuda a identificar essas características e

experiências de uma comunidade (e indivíduos) que lhes permitem responder e recuperar dos perigos ambientais.

De acordo com a UNDRR (2019) as metodologias que determinam os componentes da vulnerabilidade social variam muito, porém, podem ser amplamente agrupadas em avaliações quantitativas, fundamentadas em índices qualitativos da comunidade participante. Em uma revisão de literatura realizada por Schumann e Moura (2015) foram identificados 23 índices brasileiros e internacionais representados sob várias perspectivas sociais como saúde e violência. Dentre os principais índices estão: Social Vulnerability Index (SVI), Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS). As principais vantagens desses índices são a capacidade de análise sistêmica (GAYEN; VALLEJO; HAQUE, 2020; SCHUMANN; MOURA, 2015) e a importância como ferramenta na gestão ativa de territórios e na saúde pública, facilitando o processo de formulação, implementação e proposição de políticas públicas (SCHUMANN; MOURA, 2015; OLIVEIRA, 2017; U.S. CLIMATE RESILIENCE TOOLKIT, 2022).

De acordo com Alves (2006,2013, 2021) o conceito de vulnerabilidade socioambiental pode ser utilizado para analisar as relações e interações entre as dimensões sociais e ambientais da urbanização. Esse conceito pode ser definido como: a coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações de vulnerabilidade social (da população) e físico-ambiental (do território). Para Cunico e Oka-Fiori (2014) a realização da sobreposição (ou coexistência espacial) dos elementos que compõem a vulnerabilidade socioambiental necessita da utilização de métodos, técnicas e ferramentas de geotecnologias. Além do mais, a utilização de um sistema de informação geográfica, de métodos de geoprocessamentos, de dados socioeconômicos e demográficos provenientes dos censos do IBGE promovem a integração entre os dados sociais e ambientais pertencentes a bases temáticas do meio biofísico.

O emprego de dados censitários em conjunto com os índices de vulnerabilidade social possibilitou a análise espacial dos dados em diferentes níveis de agregação de acordo com o planejado para a pesquisa, facilitando a implementação de ações específicas para determinados grupos populacionais (GU *et al.*, 2018; SCHUMANN; MOURA, 2015). Para Oliveira (2017) a análise espacial vai além de um conceito abstrato de espaço geográfico, pois, permite utilizar o espaço de forma computacionalmente representado, através do processamento de dados de elementos do mundo real, constituindo um ponto positivo, uma



vez que, a visualização de aspectos importantes dos processos de vulnerabilidade contribui para o acompanhamento longitudinal e para o monitorando do ciclo de políticas específicas no desenvolvimento das territorialidades (SCHUMANN; MOURA, 2015).

Dado a natureza multidimensional da vulnerabilidade social, a abrangência de seu escopo e o importante papel na promoção do bem-estar da população (JULIÃO; LIMA, 2020); percebe-se que é de extrema importância o desenvolvimento de pesquisas que possam comparar os meios físico com os aspectos sociais, mensurando a vulnerabilidade socioambiental a nível municipal, principalmente em regiões com ausência de pesquisas desse gênero, pois tais pesquisas, permitem com que os desenvolvedores de políticas públicas possam tomar decisões mais assertivas em relação aos aspectos que contribuem para a diminuição da vulnerabilidade social das populações mais sensíveis aos perigos naturais (DE LOYOLA HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; SANTOS *et al.*, 2021).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o cruzamento dos dados de vulnerabilidade social, ocorrências de desastres e hidrológicos com a pretensão de determinar se há uma relação entre eles e o pior evento de desastre já registrado no local de estudo.

## **ÁREA DE ESTUDO**

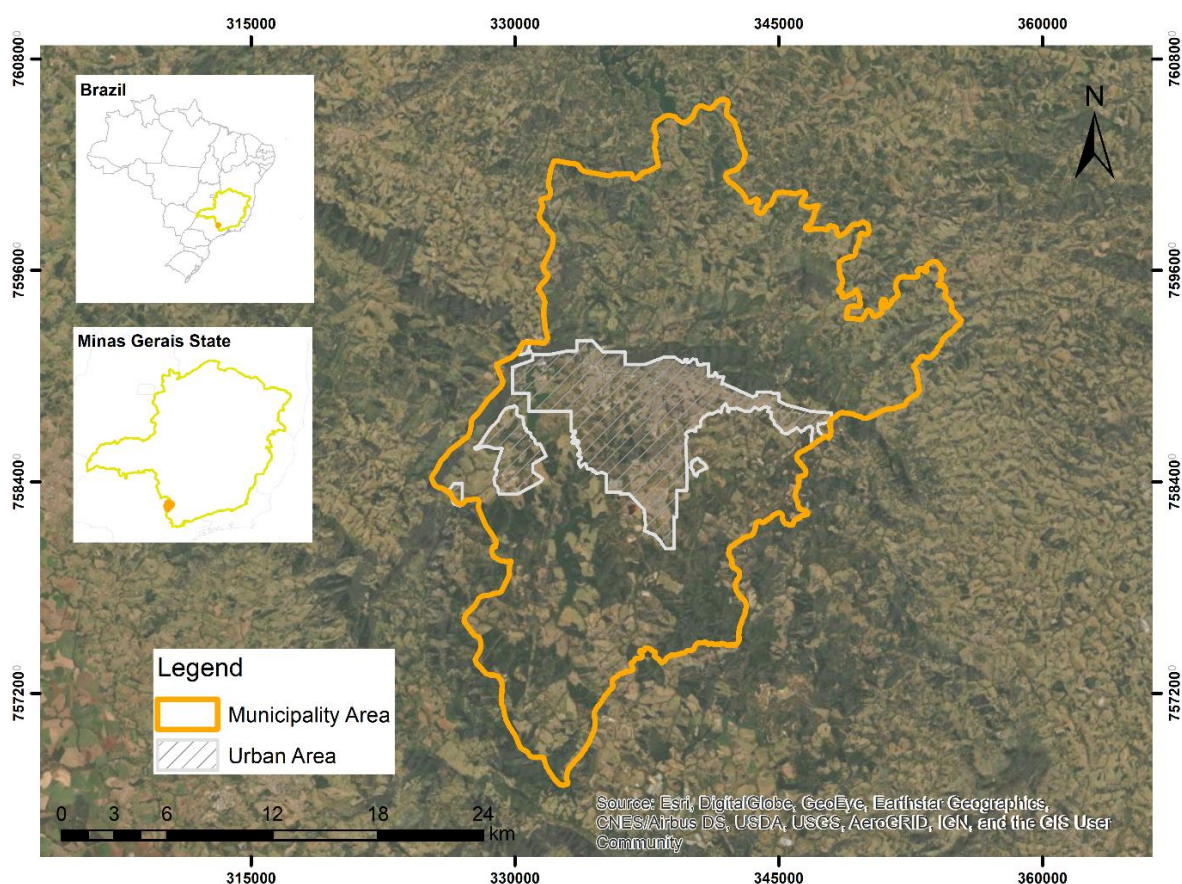
O município de Poços de Caldas possui uma área total de 544 km<sup>2</sup> localizada na região sul de Minas Gerais (Figura 1). De sua área total, cerca de aproximadamente 85 km<sup>2</sup> são de área urbana e 459 km<sup>2</sup> de área rural. Com base em uma estimativa populacional de 169.838 habitantes, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 2021, o município tem densidade demográfica de cerca de 312 habitantes/ km<sup>2</sup>. Entretanto quando consideramos a população urbana de 160 mil habitantes e a área urbana de 85 km<sup>2</sup>, esse valor passa a ser de aproximadamente 1.880 habitantes/km<sup>2</sup>, (BRASIL, 2021).

O município estudado está inserido no contexto da Província da Mantiqueira, especificamente no Complexo de Varginha possuindo rochas anfibolíticas e granulíticas em sua formação (BRASIL, 1979). Nesse complexo, ocorrem intrusões de corpos alcalinos, pertencentes à Província Alcalina do Brasil Meridional, distribuídas no território nacional, ao longo de dois alinhamentos distintos, um NE, ao longo da costa brasileira, e outro NW, que se desenvolve a partir do litoral. O Complexo Alcalino representa uma caldeira vulcânica situada sobre o “Ramo NW” compreendo suítes de rochas plutônicas e vulcânicas

classificadas, principalmente, como fonolitos e nefelinasienitos (BACHA *et al.*, 2020; SARDINHA *et al.*, 2015; SARDINHA; GODOY, 2019).

Em relação a geomorfologia local, a região está localizada em uma área conhecida como Planalto Sul de Minas, que está subdividida em três unidades: a Superfície do Alto Rio Grande, o Planalto de São Pedro de Caldas e o Planalto de Poços de Caldas (BRASIL, 1979). Segundo Tinós *et al.* (2014), o Planalto de Poços de Caldas está localizado na borda oeste da província da Mantiqueira e em contato com os extremos orientais da bacia sedimentar paranaense, constituindo assim um conjunto morfoestrutural perfeitamente caracterizado. O atual relevo é influenciado pelo aumento da caldeira vulcânica, caracterizada por montanhas de anel ou montanhas com topos restritos, colinas com topos arredondados, bem como colinas rolantes e planícies aluviais predominantes.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima no local é mesotérmico (C), caracterizado por pequenas variações térmicas e pluviométricas, com predominância de dois subtipos, o Cwb (clima úmido com inverno seco e verão ameno) e o Cwa (mesotérmico de

inverno seco, com verões quentes e uma temporada de verão chuvoso). Segundo Sardinha *et al.* (2016) janeiro é o mês com maior precipitação (média de 423,8 mm, mínima de 160 mm e máxima de 769 mm), enquanto agosto tem as menores taxas (média de 23,6 mm, mínima de 0 mm e máxima de 130,5 mm). Apesar da região estar localizada no bioma da Mata Atlântica, ela apresenta uma grande diversidade de biótopos, com destaque para a Floresta Estacional Semidecidual Montana e os Campos de Altitude, que representam um contexto transacional entre a Mata Atlântica e o Cerrado (MORAES; JIMÉNEZ-RUEDA, 2005).

Na região de Poços de Caldas ocorrem afloramentos profundos de latossolos com pouca diferenciação entre horizontes e colinas suavemente onduladas ou suavizadas; já os Neossolos Litólicos, Regolitos e Cambissolos estão presentes em relevos mais acidentados, montanhas com topos circulares restritos e colinas com topos arredondados; diferenciando-se dos solos de várzea rasa, com características associadas a inundações e/ou deposição de afloramento de materiais orgânicos e arenosos nas planícies alusais; além de solos de brecha vulcânica, com pedogênese controlada pelo material de origem e com uma cor cinza escura (BACHA *et al.*, 2020; JUSTINO; SARDINHA, 2019; SARDINHA *et al.*, 2018).

Ao longo de seu desenvolvimento e até os dias atuais, o município de Poços de Caldas teve como principal impulsionador econômico as fontes de água termal e mineral (SARDINHA *et al.*, 2016). O processo de urbanização ocorreu principalmente devido as condições do ambiente físico próximo as encostas dos principais rios e das áreas em direção as montanhas (JUSTINO; SARDINHA, 2019). A população do município aliada à sua rede urbana faz Poços de Caldas ser considerada uma cidade de médio porte, atraindo um número significativo de pessoas de sua área de influência devido à infraestrutura comercial, serviços de saúde, educação, entretenimento e atrações turísticas locais. Atualmente, a economia é diversificada, incluindo atividades de mineração, indústria, agricultura, comércio, serviços e turismo (ANDRADE; RAMOS; MARTINS, 2019; BRASIL, 2021).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Primeiramente, ocorreu a determinação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) adaptado de Medeiros (2018) para o município de Poços de Caldas, através dos dados dos setores censitários (BRASIL, 2022). Em seguida, realizou-se a coleta e análise dos dados de ocorrências de desastres municipais por meio da pesquisa documental e bibliográfica em órgãos oficiais e não oficiais do município. Por fim, efetuou-se a análise hidrológica dos dados fornecidos pelas estações meteorológicas localizadas na área de estudo, relacionando os com

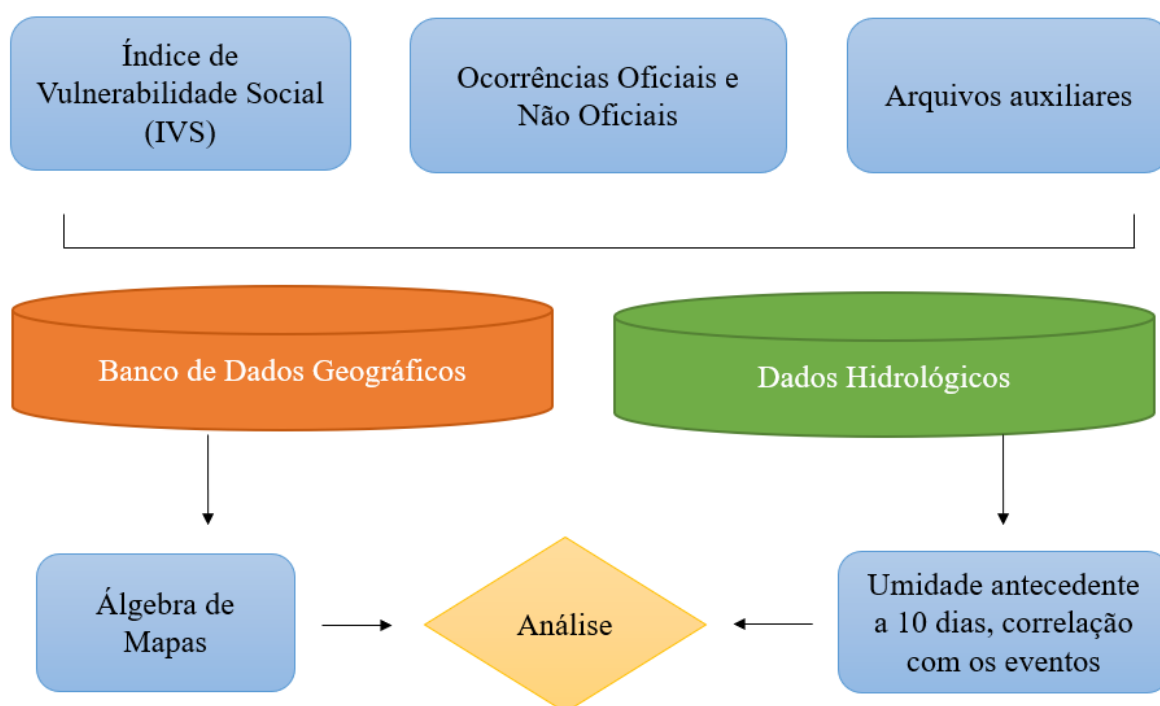
os dados de IVS e os dados de ocorrências de desastres. A Figura 2 apresenta um fluxograma metodológico das etapas aqui desenvolvidas.

A seguir, serão descritos os materiais e procedimento utilizados no presente estudo, iniciando-se pela geração do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).

### ***Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)***

Os dados utilizados para a construção do índice de vulnerabilidade social (IVS) foram extraídos do Censo de 2010 fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em nível de distritos e setores censitários. O IVS empregado foi adaptado de Medeiros (2018), e é composto pelos indicadores mostrados na Tabela 1.

Figura 2 - Fluxograma Metodológico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os indicadores de Habitação e Saneamento procuram captar deficiências relacionadas aos serviços de infraestrutura e domicílio, os de renda informam as condições de distribuição de renda, já os relacionados à educação demonstram as condições de precariedade do nível de escolaridade e as dificuldades em buscar empregos com maior nível salarial e por fim, os indicadores de situação social apresentam elementos ligados ao grau de dependência econômica e envelhecimento.

Medeiros (2018) explica que, dos quinze indicadores, oito têm uma relação direta com a vulnerabilidade social, são eles: % de domicílios com renda domiciliar per capita inferior a ½ salário-mínimo; Variância da renda média domiciliar; % da população com 15 anos ou mais

de idade analfabeta; % de chefes de domicílios analfabetos; média de moradores por domicílio; Razão de dependência; % de mulheres chefes de domicílios; % de agregados à família. Em relação a esses indicadores descritos, quanto maior o valor do Indicador mais vulnerável a população, enquanto os demais indicadores têm uma relação inversa.

Tabela 1 - Síntese dos indicadores que compõem o IVS segundo as dimensões utilizadas.

	% de moradores em domicílios próprios.
<b>Habitação e Saneamento</b>	% de moradores em domicílios ligados a rede geral de água.
	% de moradores em domicílios ligados a rede geral de esgoto ou com fossa séptica.
	% de moradores em domicílios com lixo coletado por serviço de limpeza.
	% de moradores em domicílios com energia elétrica.
	Renda média mensal domiciliar.
<b>Renda</b>	% de domicílios com renda per capita inferior a ½ salário-mínimo.
	Variância da renda média domiciliar.
	% da população com 15 anos ou mais de idade analfabeta.
<b>Educação</b>	% de chefes de domicílio analfabetos.
	Média de moradores por domicílio.
	Razão de dependência.
<b>Situação Social</b>	% de mulheres chefes de domicílios.
	% de agregados a família.

Fonte: Adaptado Medeiros (2018) e BRASIL (2022).

Para padronização desses indicadores foi utilizado a metodologia proposta pelo Medeiros *et al.* (2010), onde considera-se 0 para menor vulnerabilidade e 1 para maior vulnerabilidade, uma vez que o estudo possui indicadores com diferentes unidades de medida. Desta forma, um indicador padronizado no setor censitário “s” é obtido através da Fórmula a seguir:

$$I_{ps} = \frac{I_s - I_{-v}}{I_{+v} - I_{-v}} \quad (I)$$

Onde:

$I_{ps}$  = Valor padronizado do indicador “I” no setor censitário “S”;

$I_s$  = Valor do indicador “I” no setor censitário “s”;

$I_{-v}$  = Menor valor do indicador “I” dentre o universo de setores censitários;

$I_{+v}$  = Maior valor do indicador “I” dentre o universo de setores censitários.

Nos casos em que há uma relação direta de vulnerabilidade, tem-se  $I-V = I_{min}$  e  $I+V = I_{max}$ . Por sua vez, nos casos de relação inversa com a vulnerabilidade, onde o menor valor aponta a maior vulnerabilidade, tem-se  $I+V = I_{min}$  e  $I-V = I_{max}$ . Após a padronização dos 15 indicadores, os valores mais próximos de 1 refletem maior vulnerabilidade. O índice de vulnerabilidade social (IVS) foi obtido através do valor médio e desvio padrão dos indicadores. Após a elaboração do índice foi feita a espacialização dos dados por meio da utilização do software ArcGIS Pro<sup>®</sup>. Para classificar os dados de acordo com a média e variabilidade deles (desvio padrão) foi criado quatro classes de vulnerabilidade de acordo com a classificação utilizada por Medeiros *et al.* (2010), sendo estas:

- Alta vulnerabilidade: Corresponde a valores superiores ao índice médio somado ao valor do desvio-padrão;
- Média-alta vulnerabilidade: Para valores maiores que o valor médio e menores que a média mais o valor do desvio-padrão;
- Média-baixa vulnerabilidade: Para valores inferiores à média e superiores à média menos um desvio-padrão;
- Baixa vulnerabilidade: Corresponde a valores inferiores à média menos um desvio-padrão.

#### ***Dados oficiais e não oficiais de ocorrências de desastres.***

O presente trabalho adotou a seguinte terminologia: (i) ocorrências são registros de fatos isolados naturais ou tecnológicos que causaram danos a sociedade e/ou ao meio ambiente, que foram registrados em jornais ou em órgãos oficiais como a defesa civil; (ii) registros ou dados são todas as informações coletadas nas fontes; (iii) inspeções técnicas são registros efetuados pela Defesa Civil a fim de investigar e mitigar possíveis eventos desencadeadores que contribuem para o surgimento de ocorrências relacionadas aos desastres ou eventos de desastre; (iv) eventos de desastres são considerados um conjunto de ocorrências que aconteceram no mesmo dia e em uma mesma localidade ou em lugares próximos.

A coleta e análise dos dados ocorreu entre os meses de setembro de 2020 e abril de 2021, na Defesa Civil Municipal e no Museu Histórico e Geográfico da cidade de Poços de Caldas. Na Defesa Civil foram coletados dados entre 2015 e 2021 uma vez que os órgãos públicos não são obrigados a manter mais de cinco anos de registros. Já nos jornais de circulação municipal como o Journal da Cidade (JC), Journal Mantiqueira (JM), Gazeta Sul de Minas

(JGSM) e Diário de Poços (JDP) a coleta dos dados foi realizada no Museu Histórico e Geográfico abrangendo os anos de 1970 e 2021.

Os primeiros registros coletados nos jornais foram encontrados a partir de 1979 no Journal Mantiqueira e em 1992 no Journal da Cidade. Os registros foram divididos em fontes oficiais (coleta de registros físicos na defesa civil) e não oficiais (coleta de registros físicos e mídias digitais de jornais). Foi utilizado para analisar e classificar os dados coletados o aplicativo de gerenciamento de pesquisas Google Forms pré-formatado de acordo com a COBRADE (Sardinha *et al.* 2016). Após o término da coleta de dados, o google Forms produziu uma planilha de Excel contendo os dados separados por colunas e linhas. Dessa forma os registros foram separados em inspeção técnica e ocorrências de “desastres naturais” ou tecnológicos. As ocorrências de desastre classificadas, segundo o COBRADE, como naturais foram associadas a uma dessas quatro classificações tipológicas: **(1) geológica ou geofísica, (2) meteorológico, (3) hidrológicas e (4) climatológicas**. Já as ocorrências de desastre classificadas, segundo o COBRADE, como tecnológicas foram associadas a uma dessas quatro tipologias: **(1) desastres com produtos perigosos, (2) desastres com incêndios urbanos, (3) desastres com obras civis e (4) desastres com transporte de passageiros e cargas não perigosas**. Após a construção do banco de dados geográficos, identificou-se o evento de desastre de maior magnitude que já aconteceu na cidade de estudo.

### ***Dados Hidrológicos***

O levantamento dos dados hidrológicos do município de Poços de Caldas ocorreu no site da Agência Nacional de Águas (ANA) e em parcerias público/privado entre a Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Departamento Municipal de Eletricidade (DME), Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) e a Prefeitura Municipal de Poços de Caldas (PMPC). Ao todo, foram analisados dados hidrológicos de 16 estações meteorológicas (15 estações localizadas em Poços de Caldas, MG e 1 no município de Caldas, MG) entre as datas de 08/08/1979 e 31/03/2021. A Tabela 2 apresenta síntese das principais informações disponíveis de cada estação pesquisada.

A análise temporal dessas informações utilizou registros e datas compatíveis para aplicação das estatísticas descritivas e posterior comparação das informações, bem como o tratamento dos dados em um ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica). Por fim, é importante frisar que os dados auxiliares também foram utilizados na forma de arquivos \*. Shapefile e tabelas. Esses arquivos subsidiaram a análise espacial realizada, a fim de se obter comparação dos dados aqui descritos.

Tabela 2 - Dados das estações pluviométricas utilizadas na pesquisa.

Nome	X	Y	Período de funcionamento		Em Atividade?
			Início	Fim	
CBA	331152	7585863	01/01/2003	31/07/2016	Não
Caldas	356442	7574270	27/11/2006	-	Sim
Poços de Caldas	339748	7590720	01/01/1941	01/12/1998	Não
UHE Caconde	334520	7596200	01/01/1999	-	Sim
SE Poços de Caldas	333667	7578850	01/01/2002	01/05/2010	Não
UNIFAL	328244	7586240	15/04/2015	-	Sim
PCH Walter Rossi	333624	7582910	02/06/2015	-	Sim
PCH Pedro A. Junqueira	333532	7591760	01/01/2017	-	Sim
PCH Padre Carlos Montante	336578	7597330	03/06/2015	-	Sim
Estação Irradiação	337665	7588580	04/10/2020	-	Sim
Estação ADC Alcoa	341975	7589240	04/10/2020	-	Sim
Estação Cond. Quisisana	338559	7587970	04/10/2020	-	Sim
Estação João Pinheiro	336564	7590070	04/10/2020	-	Sim
ETA-1 Bairro São Benedito	338572	7589810	01/01/2013	-	Sim
ETA-3 Bairro São José	337943	7587330	01/01/2013	-	Sim
ETA-5 Rodovia Do Contorno	334492	7584670	01/01/2013	-	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: CBA: Companhia Brasileira de Alumínio; UHE: Usina Hidrelétrica; PCH: Pequenas Centrais Elétricas; ETA: Estação de Tratamento de Água.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 2.479 registros, sendo 1.224 vistorias técnicas realizadas pela Defesa Civil e 1.255 ocorrências de desastres registradas em todas as fontes pesquisadas. Desse total, 71% das ocorrências foram classificadas como “Natural” e 29% como "Tecnológico". No grupo natural as ocorrências mais frequentes foram classificadas como: meteorológicas > geológica > climatológica > hidrológica, em números gerais. No grupo tecnológico as ocorrências mais frequentes foram classificadas como: desastres relacionados a incêndios urbanos > desastres com obras civis > desastres com produtos perigosos.

Em relação as áreas do município estudado, os bairros que apresentaram as maiores concentrações de ocorrências relacionadas ao grupo natural foram o Centro, seguido pelo



Jardim Kennedy e Serra São Domingos, com 163, 64 e 53 ocorrências, principalmente associadas a chuvas fortes, chuvas fortes/chuvas torrenciais e incêndios. Além do mais, quatorze bairros da cidade tiveram zero ocorrências de desastres. No geral, o centro da cidade foi o bairro mais afetado pelos eventos de desastre registrando ao longo dos anos 5 óbitos, 11 feridos, 10 desabrigados, 88 danos materiais e 22 casas afetadas.

Embora existam algumas exceções, como eventos de inundação e incêndios em assentamentos residenciais, a maioria dos subgrupos apresentaram um aumento significativo de desastres na última década. Em uma primeira abordagem, isso pode ser atribuído ao início dos registros e formulação do banco de dados da Defesa Civil em 2015, fazendo com que mais eventos fossem registrados e, por outro lado, os eventos de menor magnitude talvez fossem noticiados apenas por alguns dos jornais locais pesquisados.

Durante a pesquisa realizada nos registros da Defesa Civil municipal foi possível observar que não houve óbitos registrados no período de janeiro de 2015 a março 2021. Embora não tenha sido possível confirmar nenhum óbito anterior a 2015 por meio dos registros da Defesa Civil municipal, uma vez que os registros anteriores a 2015 foram "perdidos por acidente", ao coletar dados de fontes não oficiais, como jornais, foi possível notar que houve 20 óbitos por desastres registrados no município de Poços de Caldas no período de 1970 a março de 2021. Com o banco de dados de desastres estruturado foi possível analisar e identificar o evento desencadeado no dia 19/01/2016 (Figura 3) como o pior evento de desastre já registrado na história de Poços de Caldas em relação ao número de ocorrências registradas em um só dia, e conseqüentemente no mesmo mês.

Amplamente divulgado em diversos canais midiáticos, esse evento ocasionou o alagamento de nove ruas na região central da cidade (Figuras 3 A e E). A Rua Assis Figueiredo foi uma das ruas mais atingidas, neste local, houve a inundação de diversos carros (Figura 3C) e um supermercado (Figura 3D). Além disso, nesta mesma região, uma oficina mecânica, localizada na Rua Capitão Afonso Junqueira, teve sua parede estourada pela força da água da chuva. Nessa oficina diversos carros ficaram submersos causando um enorme prejuízo material (Figura 3B). Na manhã do dia 20/01/2016 os funcionários da prefeitura trabalhavam para a limpeza das vias públicas, porém, era possível ver muita sujeira e lama nas ruas do Centro, principalmente, na Rua Assis Figueiredo (Figura 3F).

No total este evento registrou 15 ocorrências (4 ocorrências no dia 19/01 e 11 ocorrências no dia 20/01) de desastres em diversos pontos do município. Analisando as

ocorrências nos dez dias anteriores a data do evento percebemos que o dia 20/01/2016 foi o dia em que houve o maior número de registros de ocorrência (11 ocorrências), sendo que, no período de dez dias foram registradas 21 ocorrências. Os dias 13, 14, 17 e 18 de janeiro de 2016 não apresentaram registros de ocorrências.

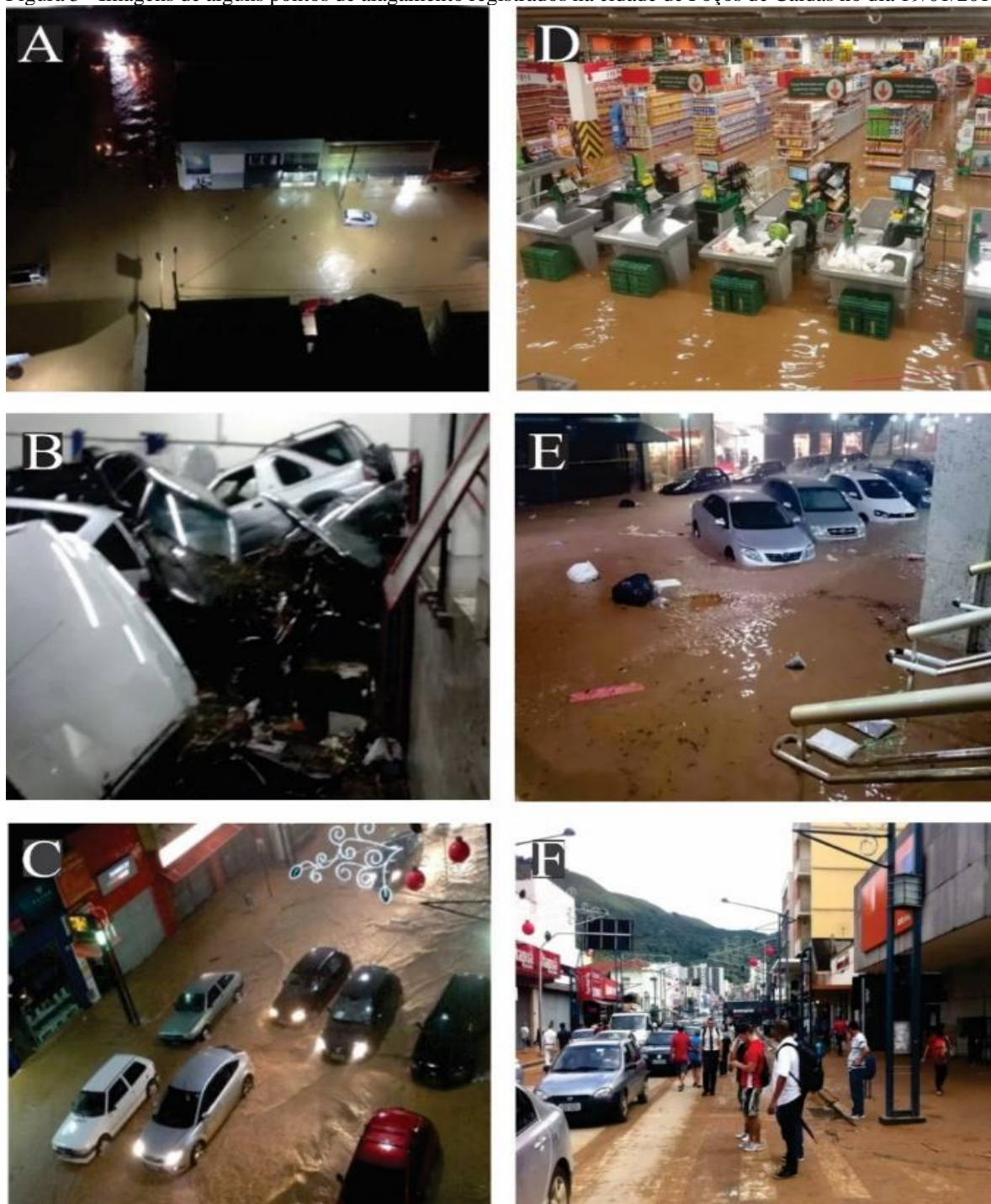
A região possui precipitações médias de 1600 mm anuais. Analisando os dados hidrológicos ao longo do ano de 2016 na Tabela 3 percebemos que as três estações pluviométricas que registraram a maior quantidade de chuva foram: ETA -1 Bairro São Benedito com 2153mm, a UHE Caconde com 1782mm e a UNIFAL com 1761mm. Todas essas estações ultrapassaram de maneira significativa a média anual estimada pela revisão do plano diretor municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇOS DE CALDAS, 2006). Quando comparado as médias anuais das estações que tiveram as menores quantidades de chuva acumulada durante esse ano (CBA com 1288mm, PCH Padre Carlos Montante com 1342mm e Caldas com 1520mm) percebemos que os valores estão bem próximos de 1600mm, demonstrando que o ano de 2016 foi um ano de muita precipitação no município de estudo.

Segundo o estudo de Sardinha *et al.* (2016) o município de Poços de Caldas, MG, no mês de janeiro, apresentou o acumulado médio de chuva de 423,8 mm, mínimo de 160 mm e máximo de 769 mm. Observando os dados mensais da Tabela 3 percebemos que as três estações que registraram os maiores acumulados de chuva foram: ETA -1 Bairro São Benedito com 495mm, ETA-5 Rodovia do Contorno com 445mm e CBA com 402mm. Ao analisarmos os dados das estações pluviométricas ETA -1 Bairro São Benedito e ETA-5 Rodovia do Contorno percebemos que elas superaram o valor médio em 71mm e 21mm respectivamente, enquanto que, a estação CBA ficou 22 mm abaixo da média. Além do mais, as estações que registraram os menores acúmulos de chuva neste mês (UHE Caconde com 345mm, ETA-3 Bairro São José com 328 mm e a PCH Padre Carlos Montante com 227mm) superaram o mínimo estimado em 185 mm 168 mm e 67 mm respectivamente. Esses dados demonstram que o município recebeu uma quantidade de chuva além do esperado, além de uma precipitação bastante heterogênea em relação a sua distribuição espacial.

Analisando o acúmulo de chuva nos dez dias anteriores a data de 20/01/2016 (tabela 3) percebeu-se que as estações que registram as maiores quantidades de chuva foram UHE Caconde (238mm), ETA-5 Rodovia do Contorno (229mm) e ETA-1 Bairro São Benedito (329mm). Essas estações pluviométricas apresentaram em dez dias de chuva valores equivalentes aos registrados em um mês pelas estações PCH Padre Carlos Montante, ETA-3 Bairro São José e UHE Caconde. A estação pluviométrica ETA-1 Bairro São Benedito teve

um acúmulo de chuva de 329 mm (Maior acúmulo de chuva de todas as estações neste período) e no dia 20/01/2016 registrou a maior precipitação de todas as estações (122mm) nos dez dias antecedentes ao evento de destaque.

Figura 3 - Imagens de alguns pontos de alagamento registrados na cidade de Poços de Caldas no dia 19/01/2016.



Fonte: [www.g1.globo.com](http://www.g1.globo.com). A. Centro do município B. Rua Capitão Afonso Junqueira C. Rua Assis Figueiredo D. Supermercado localizado na Rua Assis Figueiredo E. Centro do município F. Rua Assis Figueiredo.

Para efeito comparativo, os registros da PMPC (2006) indicam que uma chuva de 58mm que durou aproximadamente 30 minutos e aconteceu no dia 10/12/1993 foi suficiente

para causar efeitos devastadores no município. Neste caso, no período de dez dias antecedentes a data de 20/01/2016 as estações ETA-5 Rodovia do Contorno e ETA-1 Bairro São Benedito registraram 3 eventos, em dois dias distintos, que resultaram em valores superiores a 58mm.

Tabela 3 - Precipitação acumulada ao longo do período (mm).

Nome/ Estação	Anual	Janeiro	Janeiro (dias)										Dias 11 a 20
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Caldas	1520	350	22	12	13	22	45	58	0	3	2	3	180
UHE Caconde	1782	345	19	29	42	41	47	8	1	1	49	2	238
UNIFAL	1761	385	14	46	24	31	64	8	2	0	20	11	221
PCH Padre Carlos Montante	1342	227	21	24	25	59	27	6	1	0	5	PFF	168
ETA-5 Rodovia do Contorno	1649	445	0	20	25	14	35	50	0	0	0	85	229
ETA-1 Bairro São Benedito	2153	495	20	37	18	24	60	42	4	2	0	122	329
ETA-3 Bairro São José	1690	328	13	22	18	0	0	0	0	6	0	102	161
CBA	1288	402	0	0	0	0	0	0	31	0	69	3	103

Fonte: elaborado pelos autores. Nota: PFF: Pluviômetro fora de funcionamento. UHE: Usina Hidrelétrica; PCH: Pequenas Centrais Elétricas; ETA: Estação de Tratamento de Água.

Inicialmente, através dos resultados obtidos para o IVS, foi possível perceber que os setores censitários de interesse no município (aqueles de situação 1 e 3) compreenderam cerca de 59.88 km<sup>2</sup> de um total de 87.69 km<sup>2</sup> do perímetro urbano em estudo. Tal situação deve-se à exclusão de determinados setores onde dados não estavam disponíveis junto às bases de dados. Sendo assim, foram utilizados dados de 214 setores censitários de um total de 240 delimitados no município, que corresponde à cerca de 89,16% do total de setores e 68.29% do perímetro urbano total. O valor para IVS<sub>med</sub> (IVS médio) calculado foi de 0.231 (adimensional) e o IVS<sub>σ</sub> (Desvio Padrão): 0.061. A Tabela 4 apresenta uma síntese das classes do IVS calculado, assim como suas respectivas áreas e setores censitários.

Como mostrado, as áreas com maiores abrangências segundo a classificação do Índice aqui aplicado (IVS) são aquelas descritas como Média-Alta Vulnerabilidade e Média-Baixa Vulnerabilidade onde destaca-se esta última com 38,70% de abrangência. Quando somadas, essas duas classes representam cerca de 70.55% do total dos setores censitários utilizados na

geração do IVS. Por outro lado, embora as áreas associadas à Baixa-Vulnerabilidade possuam 33 setores, as áreas de Alta-Vulnerabilidade com 27 setores apresentam 2.92% a mais em área, o que equivale a aproximados 1.74 km<sup>2</sup>. Para efeito de comparação o estudo de De Loyola Hummell, Cutter e Emrich (2016) cita que a maioria das cidades brasileiras apresentam níveis moderados de vulnerabilidade social variando entre baixa e alta vulnerabilidade social e que as áreas urbanas de alta densidade e populações racialmente diversas apresentam diferenças sociais significativas.

Tabela 4 - Síntese das classes do IVS para o município e respectivas áreas e setores censitários.

Classes	Área		Setores n°	População n°
	km <sup>2</sup>	(%)		
Alta Vulnerabilidade (IVS > 0.292)	9.69	16.19%	27	20893
Média-Alta Vulnerabilidade (0.231 < IVS < 0.292)	19.07	31.85%	66	51606
Média-Baixa Vulnerabilidade (0.170 < IVS < 0.231)	23.17	38.70%	88	56842
Baixa-Vulnerabilidade (IVS < 0.170)	7.95	13.27%	33	18614
<b>Total</b>	<b>59.88</b>	<b>100%</b>	<b>214</b>	<b>147955</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

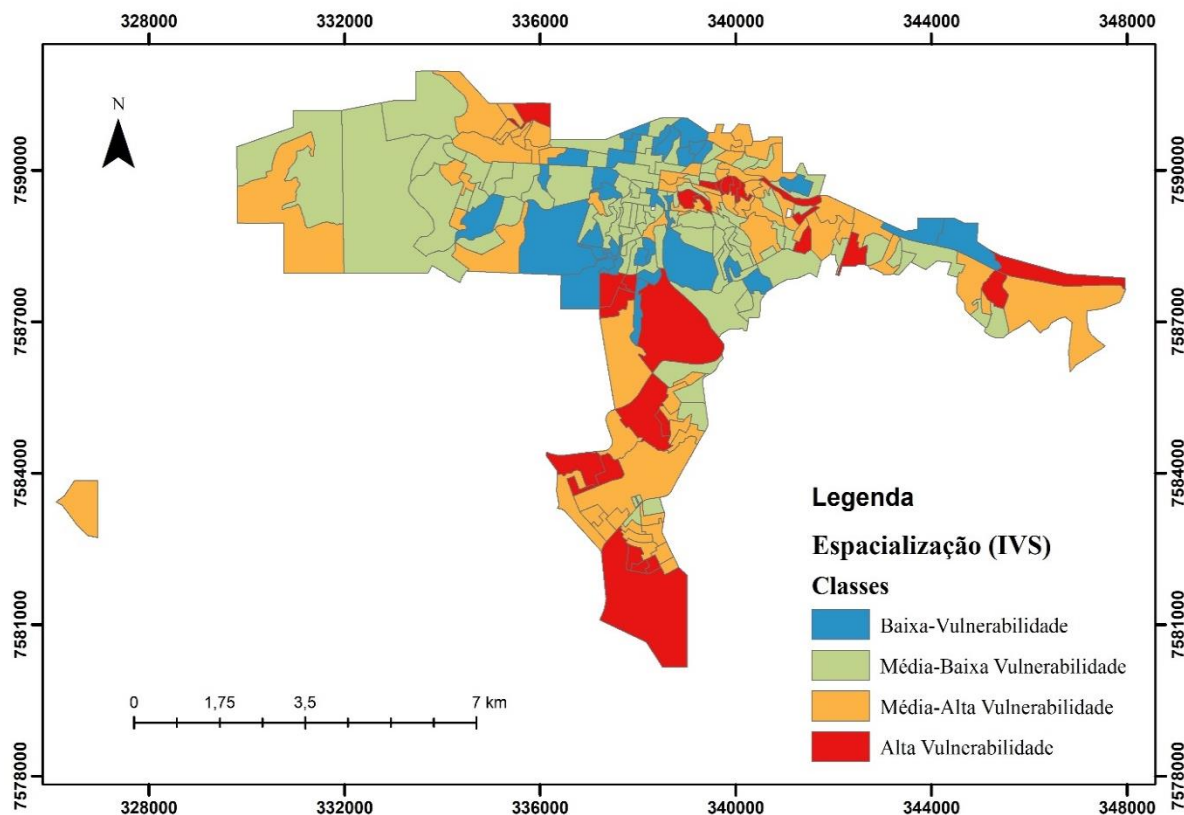
Diante a Figura 4 é possível perceber a concentração de áreas descritas como de Baixa-Vulnerabilidade junto ao centro do Perímetro Urbano, sobretudo, em sua parte superior. Na direção Sul do mapa, torna-se evidente a concentração de áreas caracterizadas por Média-Alta e Alta Vulnerabilidade Social de acordo com o IVS. Em termos populacionais, de acordo com Brasil (2022) a população do município no ano de 2010 era 152.435 habitantes e, destes, 148.722 habitavam áreas urbanas. Sendo assim, através dos setores censitários escolhidos, foi possível um alcance de aproximadamente 99.48% do número total de habitantes nestas áreas, mesmo com a exclusão de 26 setores.

Os percentuais da população no que diz respeito às classes do IVS em ordem de grandeza apresentaram Média-Baixa Vulnerabilidade > Média-Alta Vulnerabilidade > Alta Vulnerabilidade > Baixa-Vulnerabilidade; com valores 38; 35; 14 e 13% respectivamente. As classes de Média-Alta Vulnerabilidade e Alta Vulnerabilidade somaram aproximadamente metade da população (49%) com 72499 habitantes. A classe de Média-Baixa Vulnerabilidade apresentou o maior número de moradores (56842) ou 38% como dito anteriormente. Por fim,

a classe de Baixa-Vulnerabilidade apresentou 13% da classificação, residindo, especialmente no centro do município e demais arredores como mostrado na Figura 4.

A Figura 4 apresenta o IVS de forma espacializada no município e as respectivas classes de análise.

Figura 4 - Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para o município em estudo.



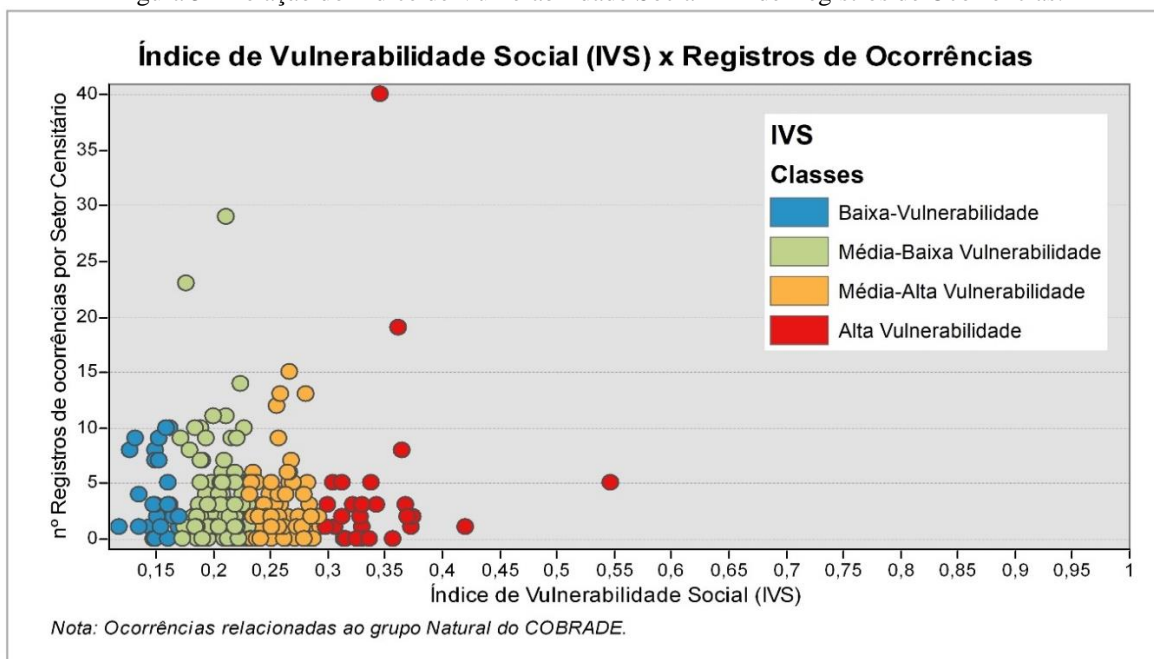
Fonte: elaborado pelos autores.

Com a finalidade de relacionar os dados de registros oficiais e não oficiais obtidos com os dados calculados para o IVS, foram cruzadas as informações, gerando-se assim as Figuras 5 e 6 que, neste caso, apresentam a relação do IVS com o número de registros de ocorrências levantados para a classificação “Natural” do COBRADE (Figura 5) e “Tecnológicos” (Figura 6).

Nota-se na Figura 5 as classes do IVS delimitadas de acordo com os intervalos propostos, sendo que os setores de Baixa Vulnerabilidade apresentaram valores próximos a 10 ocorrências no período estabelecido. Percebe-se, ainda, que os setores de Média-Baixa Vulnerabilidade e Alta Vulnerabilidade apresentaram setores pouco mais dispersos tendo estes entre 5 e 40 ocorrências (maior valor levantado no estudo dentre os setores censitários). Um ponto a ser ressaltado é a presença do setor considerado com maior vulnerabilidade (IVS

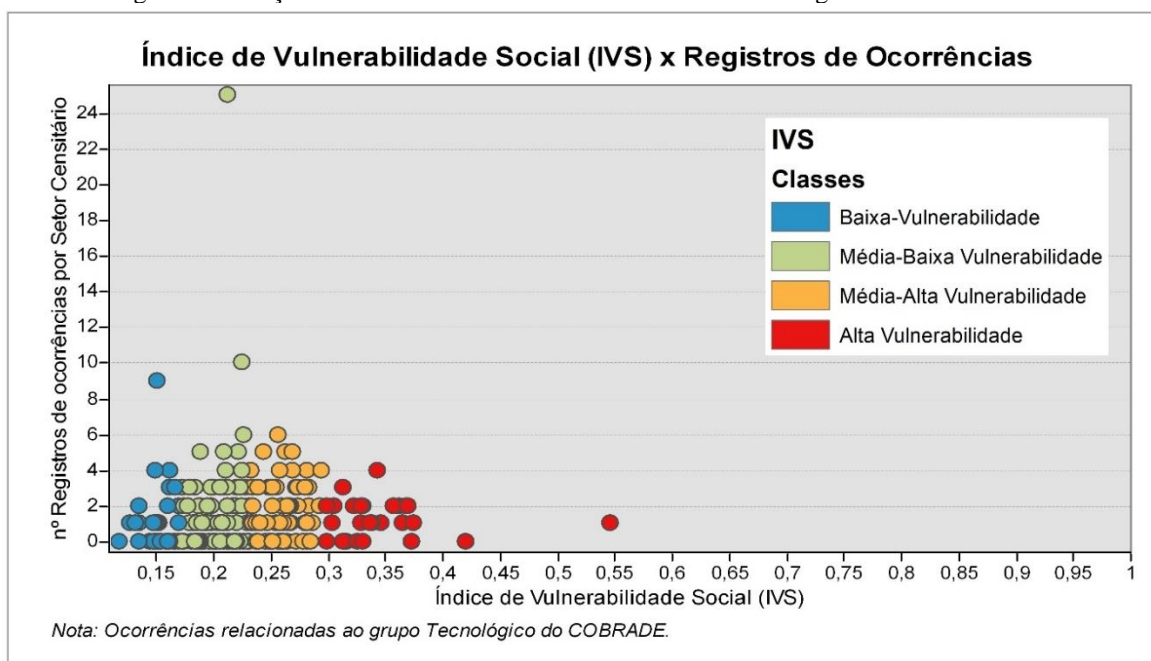
~ 0.55) onde encontra-se, por exemplo, o Conjunto Habitacional Dr. Pedro Affonso Junqueira e, juntamente o setor com maior quantidade (40) de registros junto ao extremo sul do município.

Figura 5 - Relação do Índice de Vulnerabilidade Social x nº de Registros de Ocorrências.



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 6 - Relação do Índice de Vulnerabilidade Social x nº de Registros de Ocorrências.



Fonte: elaborado pelos autores.

Já na Figura 6, é possível notar a dispersão de principalmente 3 pontos. O primeiro associado à classe de Baixa Vulnerabilidade com cerca de 9 ocorrências no período e outros 2 setores com 10 e 24 ocorrências respectivamente, relacionados à classe de Média-Baixa Vulnerabilidade.

Longe de se estabelecer aspectos qualitativos às ocorrências, mas sim o entendimento de como estas estão distribuídas no município, principalmente na porção dos setores censitários, a Figura 7 apresenta o percentual de ocorrências de acordo com a década de 2010, para o ano de 2016 e para o mês de janeiro de 2016. Tais períodos foram escolhidos pois, como dito anteriormente, se sobressaíram em termos de registros em relação aos demais levantados no presente estudo.

Figura 7 - Percentual de ocorrências de acordo com cada período estabelecido para o estudo.

Período	Classes IVS	Setores Censitários (%)			Registros (%)
		Total	Sem Registro	Com registro	
Década 2010	Alta	12.6%	2.8%	9.8%	14.8%
	Média-Alta	30.8%	25.2%	5.6%	25.4%
	Média-Baixa	41.1%	36.0%	5.1%	35.3%
	Baixa	15.4%	12.1%	3.3%	13.2%
	Total	100.0%	76.2%	23.8%	89%
2016	Alta	12.6%	10.3%	2.3%	11.4%
	Média-Alta	30.8%	28.5%	2.3%	23.6%
	Média-Baixa	41.1%	37.9%	3.3%	41.4%
	Baixa	15.4%	13.1%	2.3%	19.3%
	Total	100%	90%	10%	96%
jan/16	Alta	12.6%	11.7%	0.9%	10.1%
	Média-Alta	30.8%	30.4%	0.5%	14.5%
	Média-Baixa	41.1%	37.9%	3.3%	56.5%
	Baixa	15.4%	14.0%	1.4%	17.4%
	Total	100%	94%	6%	99%

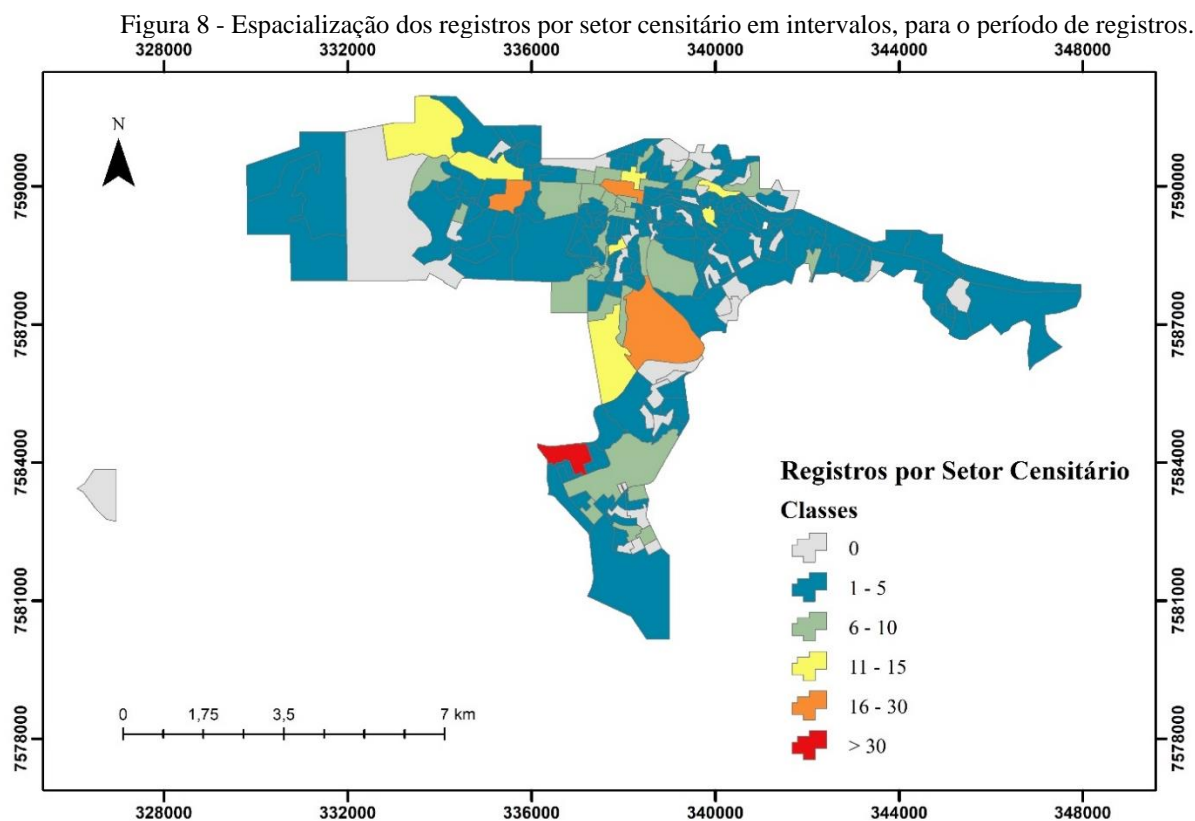
Fonte: elaborado pelos autores.

Quando analisada a distribuição das ocorrências no período, para a década de 2010, cerca de 89% das ocorrências ocorreram dentro dos setores censitários (para o grupo “natural”) chegando a 96% no ano de 2016 e 99% para o mês de janeiro. Não foi possível contemplar 100% das ocorrências dentro dos setores, uma vez que, além de alguns setores serem excluídos na pesquisa por não possuírem informações, dependendo da geolocalização do registro tal ponto se encontrará fora dos limites estabelecidos. Um aspecto interessante é o fato de que os setores sem registro em ambos os períodos da classe Média-Baixa



Vulnerabilidade, mantiveram valores muito próximos, variando entre 36 e 37.9% dos setores. Já dentre os setores com registro de ocorrências destaca-se a classe de Alta Vulnerabilidade com 9.8% de setores na década de 2010, valor próximo do total de setores para a classe, com 12%. De um modo geral, as classes Alta, Média-Alta e Média Baixa seguiram um padrão crescente de registros, destacando-se o mês de janeiro de 2016 com 56.5% em 3.3% dos setores da classe.

Através da espacialização da quantidade de registros é possível perceber em quais setores se concentraram tais números. A Figura 8 apresenta a espacialização dos registros por setor censitário em intervalos estabelecidos.



Fonte: elaborado pelos autores.

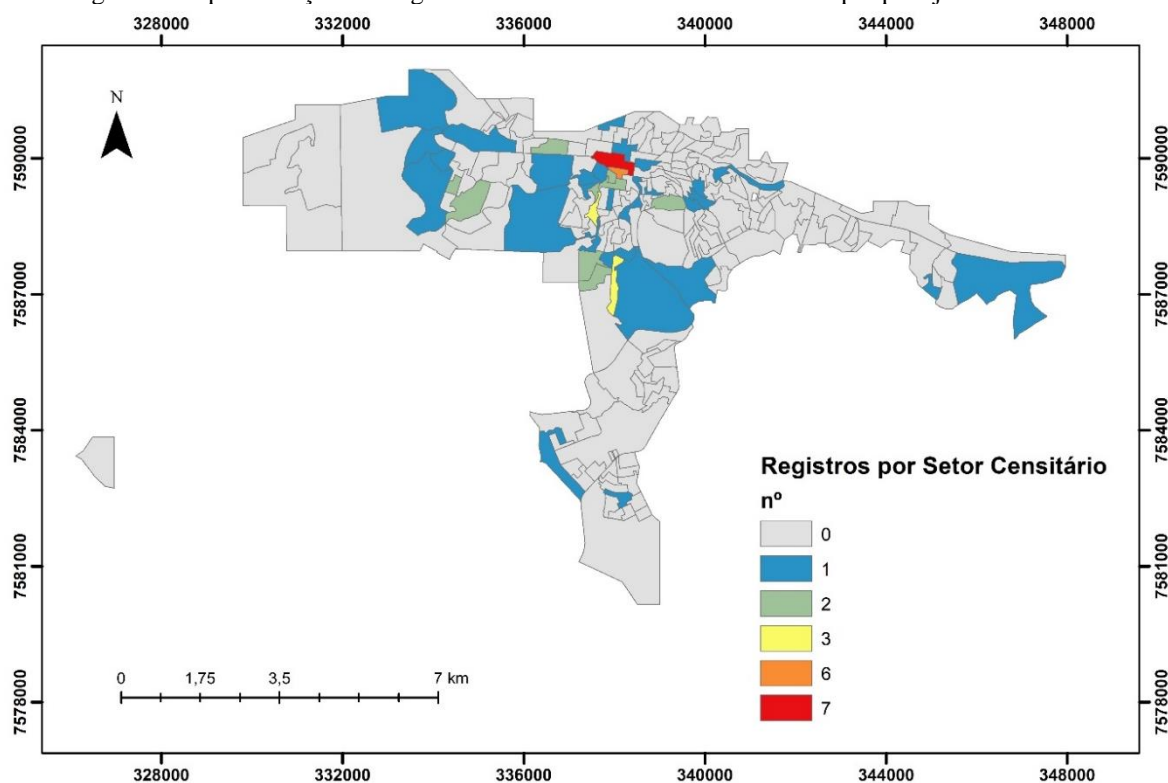
Diante a espacialização dos registros de ocorrências percebe-se que há uma concentração do intervalo  $>30$  ao sul do mapa. Tal área, representa o setor com maior número de registros como visualizado na Figura 4. Além disso, é possível notar que além das áreas com nenhum registro, a uma predominância de setores no intervalo entre 1 e 5 registros, este com cerca de 135 áreas. A segunda classe (6 – 10) apresentou 28 setores e posterior e não menos importante, as demais classes 11 setores. A Tabela 5 apresenta os registros para os respectivos setores censitários no que diz respeito ao mês de janeiro de 2016 e a Figura 8 apresenta a espacialização dos registros para o mesmo mês.

Tabela 5 - Registros para os setores censitários relacionados ao mês de janeiro de 2016.

Classe - IVS	Setores	Mínimo*	Máximo**	Registros
Alta Vulnerabilidade	5	1	2	7
Média-Alta Vulnerabilidade	10	1	1	10
Média-Baixa Vulnerabilidade	21	1	7	39
Baixa-Vulnerabilidade	8	1	3	12
<b>Totais</b>	<b>44</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>68</b>

Fonte: elaborado pelos autores. Nota: \*Valores mínimos registrados no setor; \*\* Valores máximos registrados.

Figura 9 - Espacialização dos registros nos setores censitários do município para janeiro de 2016.



Fonte: elaborado pelos autores.

Diante da Tabela 5, é possível observar que a classe Média-Baixa Vulnerabilidade do IVS registrou a maior quantidade de setores censitários (21), o número máximo de ocorrências em um mesmo setor (7), assim como o maior número de ocorrências na classe (39). Tais registros correspondem a mais da metade dos registros levantados para o mês de janeiro (cerca de 57.35%). Os outros 29 registros distribuíram-se dentre as outras classes e setores pertinentes.

Quando fazemos uma comparação entre este estudo e o estudo desenvolvido por De Loyola Hummell, Cutter e Emrich (2016), percebemos houve limitações na quantidade de variáveis e na qualidade delas. O método Medeiros (2018) foi ajustado e aplicado no Ceará,

para a realidade daquele estado, portanto, as variáveis podem não serem as melhores para a realidade do município de Poços de Caldas, MG. Além disso, este estudo também apresentou limitações em relação a parte temporal, sendo limitado a década de 2010 devido à falta de dados mais atuais dos setores censitários do município estudado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Analisando as ocorrências de desastres entre 1970 e 2021 foi possível observar que os desastres “naturais” foram aproximadamente duas vezes maiores que os eventos de desastre “tecnológicos”, sendo as ocorrências “naturais” relacionadas aos eventos hidrológicos, enquanto que, as ocorrências tecnológicas foram relacionadas aos incêndios residenciais. Os bairros mais afetados por desastres “naturais” foram o centro e o Jardim Kennedy, devido a grande quantidade de alagamentos, enchentes e inundações, provavelmente, devido a ocupação irregular do solo e a intervenções feitas pela prefeitura municipal em um rio próximo. A serra São Domingos foi o local do município que apresentou a maior quantidade de eventos de desastres “tecnológicos”, principalmente, relacionados a incêndios de vegetação em épocas de seca. Acredita-se que grande parte desses incêndios foram propositais por fumantes que visitam a estátua do Cristo localizado naquele local, ou a pessoas que iniciam queimadas criminosas com intuito de limpeza de área. Além do mais, foi identificado neste estudo uma grande quantidade de incêndios residências devido a vazamentos de gás, velas acesas esquecidas e curtos-circuitos. Nesse caso, a falta de conhecimento da população em relação aos riscos de incêndios residenciais pode ter sido um dos principais motivos. Sugere-se campanhas publicitárias realizadas por meio da Defesa Civil e dos Bombeiros voltadas a população municipal afim de mitigar esse tipo de desastre. Por fim, esses dados permitiram a construção do banco de dados de desastres municipal, possibilitando identificar o evento de desastre de maior magnitude do município (evento do dia 19/01/2016), em número de ocorrências em um só dia, e consequentemente no mesmo mês. Esse evento permitiu observar a interação entre os dados hidrológicos e de vulnerabilidade social face a um evento de desastre de grande magnitude no local de estudo.

Em relação aos dados hidrológicos, em geral, o município apresentou uma quantidade de chuva acima da média no ano de 2016, distribuída de forma Heterogênea ao longo de todo seu território. O centro, próximo a ETA-1 Bairro São Benedito, foi o local do município em que houve a maior quantidade de precipitação no período de estudo. Isso demonstra que a

quantidade de chuva que caiu no centro contribui diretamente para a quantidade e intensidade das ocorrências de desastre naquele período e local.

Já os resultados do IVS demonstraram que na década de 2010 as classes média-baixa e média-alta vulnerabilidade representam a maior quantidade de área, setores censitários e população. Essas duas classes foram responsáveis pelas maiores incidências de desastres e os maiores índices de vulnerabilidade social. Em relação as classes de Média-Alta Vulnerabilidade e Alta Vulnerabilidade, de modo geral, juntas, representam metade da população e seguem em um padrão crescente no número de registros de desastre. Analisando o IVS no ano de 2016 percebeu-se que os setores de baixa e média vulnerabilidade possuíam uma média de 1 a 10 registros por setor. Só no mês de janeiro daquele ano, a classe de média-baixa vulnerabilidade registrou a maior quantidade de ocorrências de desastres de todos os anos. Nesse período o centro do município registrou uma média de 1 registro de desastre por setor censitário.

Quando comparamos os dados de desastres, hidrológicos e de vulnerabilidade social juntos, na década de 2010, é possível observar que há uma relação direta entre eles, indicando que os locais que mais choveram também foram os locais que apresentaram o maior número de ocorrências de desastres e os maiores índices de vulnerabilidade social. Esses locais são os que mais sofreram com as consequências de um evento de grande magnitude, pois, possuem baixas condições monetárias para se prevenir e se recuperar. Entretanto, quando analisamos somente o ano de 2016 observamos que houve uma mudança do padrão. As ocorrências de desastre e os dados hidrológicos continuaram possuindo uma relação direta, por outro lado, o mesmo não pode se dizer em relação aos IVS, pois, os setores censitários em que ocorreu o evento de maior magnitude são classificados como baixa ou baixa-média vulnerabilidade. Isso demonstra que eventos de desastres de grande magnitude podem ocorrer em áreas de baixa e média baixa vulnerabilidade também. Dessa forma, recomenda-se trabalhos voltados a prevenção, preparação e mitigação de eventos de desastre em todas as classes de vulnerabilidade social.

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se citar:

- Estudo sobre a relação entre vulnerabilidade social, hidrologia e os eventos de desastre na cidade de Poços de Caldas – MG nos últimos 50 anos.

-Estudo para identificar as áreas com mais incidências de precipitação na cidade de Poços de Caldas, MG e seus motivos.

Este estudo foi financiado pela FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, Brasil). Os autores também agradecem o apoio da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). O autor também agradece à Secretaria de Defesa Social da Prefeitura de Poços de Caldas-MG.

## REFERÊNCIAS

ADGER, W. Neil. Approaches to vulnerability to climate change. **Approaches to vulnerability to climate change**, p. 268–281, 1996.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão (SP) por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 30, n. 2, p. 349–366, 2013.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Socio-environmental vulnerability in the São Paulo macro-metropolis' three main metropolitan regions: a socio-environmental indicators analysis. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/asoc/a/sSmMZfvG9pzXpG7zPMHx6Pd/?lang=en&format=html>>. Acesso em: 7 abr. 2022.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 24, n. 1, p. 24, 2006.

ANDRADE, Alexandre Carvalho de; RAMOS, Giovanna Moraes; MARTINS, Raphael Miranda. Crescimento populacional, paisagem e qualidade de vida em Poços de Caldas (MG), uma cidade média turística. **Sociedade e Território**, v. 31, n. 2, p. 27–48, 2019.

BACHA, André Luis Reis; SARDINHA, Diego de Souza; GODOY, Letícia Hirata; *et al.* Geoquímica de piroclastos intemperizados da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG). **Geologia USP. Série Científica**, v. 20, n. 3, p. 63–80, 2020.

BRASIL. **Projeto Sapucaí: relatório final de geologia**. Brasília, DF: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1979.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8&uf=00>>. Acesso em: 7 abr. 2022.

CUNICO, Camila; OKA-FIORI, Chisato. A espacialização da vulnerabilidade socioambiental de Curitiba (PR). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 12, n. 1, p. 91–115, 2014.

CUTTER, Susan L.; BORUFF, Bryan J.; SHIRLEY, W. Lynn. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242–261, 2003.

DE LOYOLA HUMMELL, Beatriz Maria; CUTTER, Susan L.; EMRICH, Christopher T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 7, n. 2, p. 111–122, 2016.

EMRICH, Christopher T.; CUTTER, Susan L. Social vulnerability to climate-sensitive hazards in the southern United States. **Weather, Climate, and Society**, v. 3, n. 3, p. 193–208, 2011.

FATEMI, Farin; ARDALAN, Ali; AGUIRRE, Benigno; *et al.* Social vulnerability indicators in disasters: findings from a systematic review. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 22, n. 1, p. 219–227, 2017.

GAYEN, Sumita; VALLEJO, Ismael; HAQUE, Sk. Mafizul. Comparative social vulnerability assessment in Purba Medinipur district, West Bengal, India. **European Journal of Geography**, v. 11, n. 1, p. 93–107, 2020.

GU, Honghuan; DU, Shiqiang; LIAO, Banggu; *et al.* A hierarchical pattern of urban social vulnerability in Shanghai, China and its implications for risk management. **Sustainable Cities and Society**, v. 41, p. 170–179, 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. **Summary for policymakers**, n. 1, p. 630, 2018.

JULIÃO, Cláudia César Batista; LIMA, João Eustáquio de. Índice de vulnerabilidade social: uma aplicação de análise fatorial para classificar os municípios pernambucanos. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**, n. PPP 54-Planejamento, 2020. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/ppp/200928\\_PPP54\\_Miolo\\_ART01.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/ppp/200928_PPP54_Miolo_ART01.pdf)>. Acesso em: 7 abr. 2022.

JUSTINO, Fábio Albers; SARDINHA, Diego de Souza. Análise geoambiental aplicada à bacia hidrográfica do ribeirão de Poços, Poços de Caldas (MG). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 17, n. 1, p. 68–90, 2019.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia**. 1. ed. Mexico: Fundo de cultura economica, 1948. 1v. (1, QC861 K6).

MEDEIROS, Cleyber Nascimento de. **Mapeamento da vulnerabilidade socioambiental utilizando ferramentas de geoprocessamento**. Fortaleza, CE: IPECE, 2018. (126). Disponível em: <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/12/TD\\_126.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/12/TD_126.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2022.

MEDEIROS, Cleyber Nascimento de; ALBUQUERQUE, Emanuel Lindemberg Silva; MAGALHAES, Klinger Aragão; *et al.* **Índice municipal de alerta 2010**. Fortaleza, CE: IPECE, 2010. Disponível em: <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/05/IMA\\_2010.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/05/IMA_2010.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2015.

MORAES, Fernanda Tonizza; JIMÉNEZ-RUEDA, Jairo Roberto. Importância de estudos fisiográficos no planejamento municipal: exemplo do jardim botânico de Poços de Caldas (MG). **Geosciences = Geociências**, v. 24, n. 3, p. 255–266, 2005.

OLIVEIRA, Pedro Henrique de Souza. **O uso do geoprocessamento na criação do índice de vulnerabilidade das políticas sociais - IVPS**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCM-AXAH7B/1/pedro\\_henrique\\_de\\_souza.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCM-AXAH7B/1/pedro_henrique_de_souza.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇOS DE CALDAS - PMPC. **Revisão do plano diretor do município de Poços de Caldas, MG**. Poços de Caldas, MG: Exatus - Planejamento, consultoria e projetos, 2006.

SANTOS, Marcos Ronielly da Silva; VITORINO, Maria Isabel; PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro; *et al.* Socioenvironmental vulnerability to climate change: conditions of coastal municipalities in Pará state. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e01671, 2021.

SARDINHA, Diego de Souza; GODOY, Letícia Hirata. Geodiversidade e geoconservação na região da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG), Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 31–45, 2019.

SARDINHA, Diego De Souza; GODOY, Letícia Hirata; CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini da; *et al.* Geoquímica fluvial e balanço de denudação em Tinguaitos de Poços de Caldas (MG). **Geologia USP. Série Científica**, v. 18, n. 1, p. 259–272, 2018.

SARDINHA, Diego de Souza; GODOY, Letícia Hirata; JIMÉNEZ-RUEDA, Jairo Roberto; *et al.* Discussão da evolução da caldeira vulcânica de Poços de Caldas (MG) a partir de uma análise pedogeológica em uma topossequência. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 2, 2015. Disponível em: <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/620>>. Acesso em: 7 abr. 2022.

SARDINHA, Diego de Souza; PENA, Yuri Túllio Linhares; TIEZZI, Rafael de Oliveira; *et al.* Base de dados de desastres naturais no município de Poços de Caldas/MG: ferramenta para o planejamento e a gestão territorial. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, p. 318–331, 2016.

SCHUMANN, Livia Rejane Miguel Amaral; MOURA, Leides Baroso Azevedo. Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 7, p. 2105–2120, 2015.

TINÓS, Thaís Minatel; FERREIRA, Mateus Vidotti; RIEDEL, Paulina Setti; *et al.* Aplicação e avaliação de metodologia de classificação automática de formas de relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 3, p. 18, 2014.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR. **Global assessment report on disaster risk reduction (GAR)**. Geneva, Switzerland: United Nations, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.18356/f4ae4888-en>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR. **Vulnerability**. Disponível em: <<https://www.undrr.org/terminology/vulnerability>>. Acesso em: 25 out. 2021.

U.S. CLIMATE RESILIENCE TOOLKIT. **Social vulnerability index**. Disponível em: <<https://toolkit.climate.gov/tool/social-vulnerability-index>>. Acesso em: 21 fev. 2022.

WISNER, Ben; BLAIKIE, Piers M.; BLAIKIE, Piers; *et al.* **At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 2. ed. London: Psychology Press, 2003.



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

A partir dos resultados apresentados nessa dissertação, percebe-se que o levantamento histórico das ocorrências de desastres auxiliado por análises hidrológicas e sociais são de extrema importância para a gestão pública de territórios e populações que se encontram em áreas de risco. O levantamento desses dados proporcionou a construção de um banco de dados de desastres municipais que permitiu o armazenamento, a sistematização e o gerenciamento de informações que auxiliam os gestores municipais nas tomadas de decisões, indicando os locais com maiores riscos de desastres, as populações mais suscetíveis e as áreas com maiores incidências de chuva, reduzindo assim, o número de vítimas fatais, feridos e perdas econômicas associadas aos desastres

Além disso, através dos dados levantados, é possível realizar estudos que identifiquem as principais causas e responsáveis pelos eventos de desastres, alertando a população quanto aos riscos desses locais, subsidiando ações de planejamento e gestão territorial no município. Essas ações conduzirão há uma política pública de prevenção, preparação, resposta e recuperação de um evento. A identificação de áreas com potenciais riscos incentivará ações estruturais, preparação técnica de servidores municipais, atualização de leis de posturas públicas e preparação e /ou conscientização da população, possibilitando condições para a convivência com as situações de risco em níveis seguros para população.

Por outro lado, o banco de dados construído possui algumas limitações, como por exemplo, a quantidade de dados coletados em órgãos oficiais. A falta de dados necessários para fazer uma análise espacial e quantitativa a nível municipal nos órgãos oficiais municipais, demonstrara a necessidade do armazenamento dos registros de dados de desastres acima do mínimo de 5 anos exigido pela legislação. Além disso, percebe-se que não há padronização nos registros de ocorrências de desastres entre Polícia, Defesa Civil e Bombeiros. Para isso, é necessário a padronização metodológica no registro de dados de desastre entre os órgãos oficiais municipais, dessa forma esse banco de dados tornaria mais confiável, evitando dualidade e discrepâncias entre os dados. Outro ponto também importante observado ao longo desse trabalho é a falta de informações vinculadas as matérias das fontes não oficiais (Jornais). Muitos jornais apresentaram suas notícias faltando informações relacionadas a endereço, coordenadas geográficas dos locais e imprecisão na classificação dos desastres, como por exemplo, a falta de conhecimento para distinguir uma inundação de um alagamento.

Entretanto, mesmo com essas limitações, as fontes não oficiais demonstraram ser de grande importância, servindo principalmente como complemento das lacunas históricas deixadas pelos dados oficiais. Através dos dados não oficiais, por exemplo, foi possível identificar nesta pesquisa a morte de 20 pessoas entre os anos de 1970 e 2021 vítimas de eventos de desastres. Por fim, nota-se que a utilização dos dados não oficiais como complemento dos dados oficiais, ambos classificados de acordo com o COBRADE, pode ser muito eficaz e eficiente na produção de informações voltadas a mitigação de ocorrências com fatalidades, feridos e perdas econômicas associadas aos desastres naturais.

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se citar:

- Estudo estruturado ou semiestruturado em comunidades que vivenciaram os desastres, analisando os pontos de vista das mídias/jornais em relação a percepção das pessoas.
- Estudo para identificar as principais causas dos alagamentos no Jardim Kennedy.
- Estudo para identificar as principais causas de incêndios residenciais em Poços de Caldas.

## REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO

AVILA, Maria Roseli Rossi; MATTEDI, Marcos Antônio. Desastre e território: a produção da vulnerabilidade a desastres na cidade de Blumenau/SC. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 2, p. 187–202, 2017. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2175-33692017000200187&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692017000200187&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 4 abr. 2022.

AZAM, S; LI, Q. **Tailings dam failures: a review of the last one hundred years.**

Disponível em: <<https://ksmpjproject.com/wp-content/uploads/2017/08/Tailings-Dam-Failures-Last-100-years-Azam2010.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2022.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de perdas e danos: inundações bruscas em Pernambuco - junho de 2010.** Brasília, DF: Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado de Pernambuco. Agosto de 2012, 2012a.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de perdas e danos: inundações bruscas em Santa Catarina - novembro de 2008.** Brasília, DF: Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado de Santa Catarina. Novembro de 2012, 2012b.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na região serrana do Rio de Janeiro - janeiro de 2011.** Brasília, DF: Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Novembro de 2012, 2012c.

BRASIL. **Lei nº 12.608 - Institui a política nacional de proteção e defesa civil - PNPDEC.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm)>. Acesso em: 2 fev. 2022a.

BRASIL. **Instituto nacional de pesquisas espaciais - INPE.** Disponível em: <<https://www.gov.br/inpe/pt-br/capa-principal-inpe>>. Acesso em: 4 abr. 2022b.

BRASIL. **Módulo de formação: resposta: gestão de desastres, decretação e reconhecimento federal e gestão de recursos federais em proteção e defesa civil para resposta: apostila do instrutor.** 1. ed. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional – MI Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC Departamento de Prevenção e Preparação - DPP, 2017a.

BRASIL. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos.** 1. ed. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional – MI Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC Departamento de Prevenção e Preparação - DPP, 2017b.

BRASIL. **Sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID.** Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/sistema-integrado-de-informacoes-sobre-desastres/s2id-1>>. Acesso em: 8 dez. 2021.

CARMO, Roberto Luiz do; ANAZAWA, Tathiane Mayumi. Mortalidade por desastres no Brasil: o que mostram os dados. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3669–3681, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232014000903669&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232014000903669&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 4 abr. 2022.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS - CRED. **Human cost of disasters: an overview of the last 20 years 2000-2019**. United States: UN Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR, 2020.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS - CRED. **The international disasters database**. Disponível em: <<https://www.emdat.be/>>. Acesso em: 8 mar. 2022.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL – CEPED/UFSC. **Atlas digital de desastre no Brasil**. Disponível em: <<https://atlas.ceped.ufsc.br/>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL – CEPED/UFSC. **Capacitação dos gestores de defesa civil para uso do sistema integrado de informações sobre desastres (s2id)**. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Capacitao-dos-Gestores-de-Defesa-Civil-para-uso-do-Sistema-Integrado-de-Informaes-sobre-Desastres-S2iD.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

CUTTER, Susan L.; FINCH, Christina. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 7, p. 2301–2306, 2008. Disponível em: <<https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0710375105>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

DESINVENTAR. ORG. **Desinventar project - official website**. Disponível em: <<https://www.desinventar.org/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

FREITAS, Carlos Machado de; BARCELLOS, Christovam; ASMUS, Carmen Ildes Rodrigues Fróes; *et al.* Da Samarco em mariana à vale em brumadinho: desastres em barragens de mineração e saúde coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 5, p. e00052519, 2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2019000600502&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2019000600502&tlng=pt)>. Acesso em: 4 abr. 2022.

GIEHL, Alexandre Luís; LUCA, Fernando Vieira de; PADRÃO, Gláucia de Almeida; *et al.* Efeitos socioeconômicos causados pelo ciclone extratropical no estado de Santa Catarina em 2020. **Documentos**, n. 318, 2020. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/1076>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

GLOBAL ASSESSMENT REPORT ON DISASTER RISK REDUCTION - GAR. **Global assessment report on disaster risk reduction 2019**. Disponível em: <<https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2019>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation**. New York, NY: Cambridge University Press, 2012.

MARCHEZINI, Victor; FERREIRA, Adriano Mota; TEIXEIRA DE LIMA, Glauston Roberto; *et al.* Emergency funding public policy for disaster response in Brazil from 2013 to

2017. **Sustentabilidade em Debate**, v. 11, n. 2, p. 266–303, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/31268>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

MARCHEZINI, Victor; WISNER, Ben; LONDE, Luciana R; *et al.* **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action**. 1. ed. São Carlos, SP: Rima, 2017.

MELLO, Michely Marcia Martins. **Análise da vulnerabilidade em áreas suscetíveis a deslizamentos do bairro Colônia Santana - São José utilizando indicadores socioambientais**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2018.

MINAS GERAIS. **2º Etapa: elaboração do mapeamento das áreas de risco geológico**. Poços de Caldas, MG: Fundação Israel Pinheiro, 2013. (Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR).

MINAS GERAIS. **Lei nº 21.080 - política estadual de prevenção e combate a desastres decorrentes de chuvas intensas e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Lei%2015660%20de%2006Jul2005%20alterada.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

MONTE, Benício Emanuel Omena; GOLDENFUM, Joel Avruch; MICHEL, Gean Paulo; *et al.* Terminology of natural hazards and disasters: A review and the case of Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 52, p. 101970, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212420920314722>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

MUÑOZ, Viviana Aguilar; MARCHEZINI, Victor; BACELAR, Leonardo; *et al.* DesInventar: Ferramenta conceitual e plataforma computacional para sistematização de dados e suporte à pesquisa de risco e desastres. *In: Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action*. 1. ed. São Carlos, SP: Rima, 2017, p. 1–620.

NOAL, Debora da Silva; OLIVEIRA, Simone Santos; ALPINO, Taís de Moura Ariza; *et al.* **Gestão local de desastres naturais para a atenção básica**. Disponível em: <<https://ares.unasus.gov.br/acervo/handle/ARES/9036>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

NOBRE, Carlos Afonso; MARENGO, José Antônio. **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. 1. ed. Bauru, SP: Canal 6, 2017.

RÍOS, Diego Martín; MURGIDA, Ana Maria. Vulnerabilidad cultural y escenarios de riesgo por inundaciones. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 16, p. 181, 2004. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/73964>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

SALAIMAN, Samia Nascimento. **GIRD+10: caderno técnico de gestão integrada de riscos e desastres**. 1. ed. Brasília, DF: Ministério Desenvolvimento Regional: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2021.

SARDINHA, Diego de Souza; PENA, Yuri Túllio Linhares; TIEZZI, Rafael de Oliveira; *et al.* Base de dados de desastres naturais no município de Poços de Caldas/MG: ferramenta para o planejamento e a gestão territorial. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8,

. 3, p. 318–331, 2016. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2175-33692016000300318&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692016000300318&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 8 jun. 2021.

UNITED NATIONS DESINVENTAR OPEN SOURCE INITIATIVE. **Desconsultar (Manual do utilizador, versão 9.2.11)**. Disponível em: <<https://www.desinventar.net/>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR. **Terminology**. Disponível em: <<https://www.undrr.org/terminology>>. Acesso em: 5 dez. 2021.

VALENCIO, Norma; SIENA, Mariana; MARCHEZINI, Victor; *et al.* **Sociologia dos desastres – construção, interfaces e perspectivas no Brasil**. São Carlos, SP: Rima, 2009.

WISNER, Benjamin. Vulnerability as concept, model, metric, and tool. In: **Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science**. USA: Oxford University Press, 2016, p. 1–54. Disponível em:  
<<http://naturalhazardscience.oxfordre.com/view/10.1093/acrefore/9780199389407.001.0001/acrefore-9780199389407-e-25>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **WMO atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019)**. 1. ed. Suíça: Chair Publications Board World Meteorological Organization (WMO), 2021.

**APÊNDICES A - Link do formulário utilizado na coleta de dados de desastres**

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdU40JVwHefsKzRy2ePv33YH6xlh5\\_PbAERHonni9vOdWCBNQ/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdU40JVwHefsKzRy2ePv33YH6xlh5_PbAERHonni9vOdWCBNQ/viewform)